

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 16 648 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 05 B 5/04

21 Aktenzeichen: 198 16 648.6  
22 Anmeldetag: 15. 4. 98  
43 Offenlegungstag: 5. 11. 98

30 Unionspriorität:  
08/834,290 16. 04. 97 US  
71 Anmelder:  
Nordson Corp., Westlake, Ohio, US  
74 Vertreter:  
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

72 Erfinder:  
Hansinger, Michael P., Olmsted Falls, Ohio, US;  
Beam, Harold, Oberlin, Ohio, US; Davis, Dennis,  
Bay Village, Ohio, US; Schroeder, Ronald R.,  
Amherst, Ohio, US; Bretmersky, Carl, North  
Olmsted, Ohio, US; Merkel, Stephen Lee, Bay  
Village, Ohio, US; Trautzsch, Thomas Andreas,  
Macedonia, Ohio, US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung

57 Ein Rotationszerstäuber hat einen internen Netzan-  
schluß in dem Zerstäubergehäuse, über den Kühlluft ge-  
führt wird. Die Luft strömt dann aus dem Zerstäuber-  
gehäuse als vektorielle Luft in einer Drallrichtung in die glei-  
che Rotationsrichtung wie der Zerstäuberkopf, um jegli-  
chen Vakuumzustand um den Zerstäuberkopf herum zu  
eliminieren und eine Formgebungssteuerung der ver-  
sprühten Beschichtung vorzusehen. Ein Teil der Abluft  
von einem den Zerstäuberkopf mit einer Turbinenwelle  
antreibenden Luftturbinenmotor wird durch einen Kanal  
zwischen einem stationären Flüssigkeitsrohr in der Turbi-  
nenwelle und der Rotationswelle geführt, um die Abluft  
zum Vermischen mit der Beschichtung und Erzeugen ei-  
ner Luftsperr, die das Zurücksickern des Beschichtungs-  
materials in die Rotationszerstäubervorrichtung verhin-  
dert, in den Zerstäuberkopf zu führen. Der restliche Teil  
der Abluft aus dem Luftturbinenmotor wird um die Au-  
ßenfläche des Gehäuses der Rotationszerstäubervorrich-  
tung geleitet, um das rückwärtige Umhüllen des Zerstäu-  
bergehäuses durch das flüssige Beschichtungsmaterial  
und das Anhaften an diesem zu verhindern.

DE 198 16 648 A 1

DE 198 16 648 A 1

BEST AVAILABLE COPY



## Beschreibung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Diese Erfindung betrifft eine Rotationszerstäubervorrichtung zum Sprühen eines flüssigen Beschichtungsmaterials, und insbesondere eine Rotationszerstäubervorrichtung, bei der eine hohe elektrostatische Ladung von einem internen Netzanschluß zu einem schnellaufenden Zerstäuberkopf übertragen wird, der an einer durch einen Luftturbinenmotor angetriebenen Welle befestigt ist. Ein Teil der Abluft des Luftturbinenmotors wird durch die durch den Luftturbinenmotor angetriebene Welle und in den schnellaufenden Zerstäuberkopf zum Vermischen mit dem flüssigen Beschichtungsmaterial und Bilden einer Luftsperre geleitet, die das Zurücksickern des durch den Zerstäuberkopf ausgegebenen flüssigen Beschichtungsmaterials in die Rotationszerstäubervorrichtung, was einen vorzeitigen mechanischen Ausfall verursacht, verhindert. Der Rest der Abluft aus dem Luftturbinenmotor wird um die Außenfläche des Gehäuses der Rotationszerstäubervorrichtung geleitet, um zu verhindern, daß sich das flüssige Beschichtungsmaterial nach hinten um das Zerstäubergehäuse herum hüllt und an diesem anhaftet.

## Hintergrund der Erfindung

Rotationszerstäuber sind eine Art einer Flüssigkeits-sprühbeschichtungsvorrichtung, die einen durch einen Luftturbinenmotor mit hoher Geschwindigkeit (normalerweise 10.000-40.000 Umdrehungen pro Minute) drehbaren Zerstäuberkopf umfaßt, um flüssiges Beschichtungsmaterial, wie z. B. Farbe, in zerstäubter Form auf die Oberfläche eines Werkstückes aufzubringen. Der Zerstäuberkopf hat normalerweise die Form einer Scheibe oder einer Glocke, die eine innere Wandung umfaßt, die einen Hohlraum begrenzt und an einer Zerstäubungskante endet. Das in das Innere der Glocke abgegebene flüssige Beschichtungsmaterial wandert durch die Zentrifugalkraft an der Innenwandung der Glocke entlang nach außen und wird von der Umfangskante der Glocke radial nach außen geschleudert, so daß ein Sprühmuster aus zerstäubten Tröpfchen des Beschichtungsmaterials gebildet wird. Um den Übertragungswirkungsgrad des Beschichtungsprozesses zu verbessern, wird dem Beschichtungsmaterial eine elektrostatische Ladung verliehen, so daß die Wolke des zerstäubten Beschichtungsmaterials zu einem geerdeten Werkstück angezogen wird.

Ein Beispiel eines elektrostatisch geladenen Rotationszerstäubers ist in dem kürzlich übertragenen US-Patent Nr. 4,887,770 ('770er) von Wacker und anderen offenbart, das durch Bezugnahme ausdrücklich in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen ist. In der Ausführungsform der Fig. 12 des '770er Patents ist die Glocke (20) aus einem Isolatormaterial hergestellt und umfaßt einen Halbleiterring (546), der durch drei externe Elektrodensonden (462) über Anschlußklemmen (504) geladen wird. Dieses System leidet unter dem Nachteil, daß das vordere Ende des Gehäuses, von dem die Glocke hervorsticht, einen großen Umriß besitzt, der bewirkt, daß die durch die sehr schnelle Rotation der Glocke erzeugten Luftströme ein Vakuum um das vordere Ende des Gehäuses erzeugen, was wiederum bewirkt, daß sich die Farbe zurück um das Gehäuse hüllt. Es besteht außerdem die Notwendigkeit, das Muster des aus dem Rotationszerstäuber gesprühten, zerstäubten Beschichtungsmaterials zu bilden. Dem ersten Problem wurde begegnet, indem Zusatzluft von einer ersten Zusatzluftquelle um das vordere Ende des Gehäuses geleitet wurde, um das Vakuum aufzubrechen und dadurch das rückwärtige Umhüllen durch die Farbe zu

verhindern. Dem zweiten Problem wurde begegnet, indem Zusatzluft aus einer zweiten Zusatzluftquelle um die Glocke herum geleitet wurde, um das Muster des aus dem Rotationszerstäuber gesprühten, zerstäubten Beschichtungsmaterials auszubilden. Die Notwendigkeit, zwei separate Luftquellen vorzusehen, kompliziert den Aufbau des Zerstäubers und kann die Wirksamkeit jedes Luftstromes verringern, wenn sich die beiden Luftströme miteinander vermischen. Somit besteht immer noch ein Bedürfnis nach einem Zerstäuber, der das rückwärtige Umhüllen weiter reduziert oder eliminiert und nicht zwei separate Luftströme erfordert, die zu der Glocke gerichtet werden müssen, um das Vakuum aufzubrechen und dem zu versprühenden Material Form zu geben.

Vor dem '770er Patent war wegen der hohen Spannung, auf der die Glocken gehalten wurden, eine der mit der Verwendung der leitenden Zerstäuberglocke verbundenen Gefahren die Möglichkeit des Elektroschockes des Bedieners oder der Entzündung von brennbaren Beschichtungen. Wie z. B. in dem US-Patent Nr. 4,369,924 offenbart ist, wird eine Ladung von einem Netzanschluß über eine Turbinenwelle zu der Rotationszerstäuberglocke übertragen. Da sowohl die Glocke als auch das gesamte Rotationszerstäubergehäuse metallisch sind und hochspannungsgeladen sind, besteht ein beträchtliches Sicherheitsrisiko, da der Zerstäuber ausreichend aufgeladen ist, um einem Bediener einen ernstlichen Elektroschock zu versetzen. Deshalb müssen um den Zerstäuber herum Schutzgitter und Verriegelungen installiert werden.

Das oben aufgeführte '770er Patent offenbart einen kapazitätsarmen Rotationszerstäuber, der, obwohl die Beschichtungsfarbe an der Rotationszerstäuberglocke elektrostatisch geladen ist, nicht genug Ladung speichert, um eine Elektroschockgefahr darzustellen und deshalb nicht durch Schutzgitter und Sicherheitsverriegelungen geschützt werden muß. Um den Zerstäuber in dem '770er Patent aufzuladen, richten externe Elektrodensonden (462) die Ladung direkt in die Glocke (20). Da jedoch die Glocke (20) durch externe Elektrodensonden (462) aufgeladen wird, leidet das System unter dem Nachteil, daß das vordere Ende des Gehäuses einen großen Umriß hat, was die zuvor erläuterten, damit verbundenen Probleme des rückwärtigen Umhüllens bewirkt.

Ein anderes, mit den Rotationszerstäubern des Standes der Technik verbundenes Problem besteht darin, daß die Rotationszerstäuberglocken nicht einfach auseinanderzubauen und zu reinigen gewesen sind. In dem US-Patent Nr. 4,838,487 wird z. B. ein Ablenkelement (28) durch Abstandhalter (36) an der Zerstäuberglocke (10) festgehalten. Während des Betriebes kann sich jedoch getrocknete Farbe an der Vorderfläche (30) des Ablenkelementes sammeln. Dann besteht die Tendenz, daß der Farbstrom über die Vorderfläche mit der getrockneten Farbe eine unregelmäßige Beschichtung auf dem zu besprühenden Teil bildet.

Beim Betrieb des Rotationszerstäubers ist die Drehzahl der Luftturbine ein wichtiger Steuerparameter. Die Messung dieser Drehzahl wird normalerweise mit einem faseroptischen Kabel durchgeführt. Die hintere Fläche der Luftturbinscheibe ist farbig, so daß eine Hälfte der Fläche schwarz und die andere Hälfte silberfarben ist. Der Unterschied zwischen den beiden Farben wird mit einem faseroptischen Sende-Empfangs-Gerät gemessen und durch ein faseroptisches Kabel ein Signal an eine Steuereinheit ausgegeben. In der Steuereinheit kann das Signal bestimmt werden, um die Drehzahl der Luftturbinscheibe in Umdrehungen pro Minute (U/min) zu ermitteln. Das Problem mit dieser Konstruktion besteht darin, daß das faseroptische Kabel nicht über einen ausreichend langen Zeitraum einer anhaltenden zyklischen Biegebeanspruchung (der es während des Ver-



fahrens in einer Produktionsanlage ausgesetzt ist) widerstehen kann und zum Bruch neigt. Das faseroptische Kabel ist außerdem normalerweise in einem Mantel aufgenommen, der keine Isolation vor Hochspannung zur Verfügung stellen kann, die bei Anwesenheit eines intern angeordneten Netzanschlusses notwendig ist. Ein noch anderes Problem mit den Konstruktionen des Standes der Technik besteht darin, daß das faseroptische Sende-Empfangs-Gerät nicht schnell von dem Rotationszerstäuber getrennt und ohne Nach-eichung wieder eingebaut werden kann.

Während des Betriebes des Rotationszerstäubers kann sich die Farbe an der Vorderfläche des Rotationszerstäuberelementes sammeln und manchmal durch den zwischen einem stationären Farbbröhr und der rotierenden Turbinenwelle gebildeten Zwischenraum zurück in die Zerstäubervorrichtung strömen und schließlich in die Zerstäubervorrichtung wandern, und deren Fehlfunktion durch Probleme wie zugesetzte Lager verursachen.

### Ziele und Zusammenfassung der Erfindung

Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung vorzusehen, die wie in einem oder mehreren der angefügten Ansprüche ausgebildet und an sich so konstruiert ist, daß sie eines oder mehrere der folgenden untergeordneten Ziele erfüllen kann.

Es ist ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Rotationszerstäubervorrichtung zum Sprühen einer flüssigen Beschichtung und ein Verfahren zum Betreiben derselben zur Verfügung zu stellen, bei der/dem eine hohe elektrostatische Ladung durch einen in dem Gehäuse des Rotationszerstäubers angeordneten, internen Netzanschluß erzeugt wird.

Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Rotationszerstäubervorrichtung zum Sprühen einer flüssigen Beschichtung und ein Verfahren zum Betreiben derselben zur Verfügung zu stellen, bei der/dem Abluft von dem Luftturbinenmotor um die Außenfläche des Gehäuses der Rotationszerstäubervorrichtung geleitet herum wird, um zu verhindern, daß das flüssige Beschichtungsmaterial rückwärts das Zerstäubergehäuse umhüllt und an diesem haftet.

Ein noch anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Rotationszerstäubervorrichtung zum Sprühen einer flüssigen Beschichtung und ein Verfahren zum Betreiben derselben vorzusehen, bei der/dem vektorielle Luft von einer externen Luftzuführung über den internen Netzanschluß und aus dem Zerstäubergehäuse heraus in eine um die Rotationsachse des Zerstäuberkopfes gedrehte Richtung gelenkt wird, um einen Vakuumzustand um den Zerstäuberkopf herum zu eliminieren und eine Formgebungssteuerung der versprühten Beschichtung vorzusehen.

Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen der Umdrehungsgeschwindigkeit des Luftturbinenmotors in der Rotationszerstäubervorrichtung mit einem Drehzahlsensor vorzusehen, der bei Anwesenheit von hoher elektrostatischer Ladung und Hochfrequenzfeldern richtig arbeiten kann.

Es ist noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Rotationszerstäubervorrichtung zum Sprühen einer flüssigen Beschichtung und ein Verfahren zum Betreiben derselben zur Verfügung zu stellen, bei der/dem ein Zerstäuberkopf einen Einsatz umfaßt, der den Strom des Beschichtungsmaterials in eine Vielzahl von Flüssigkeitsströmen teilt, um die Verteilung des aus dem Zerstäuberkopf gescheuderten Stromes zu verbessern.

Ein noch anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht

darin, eine Rotationszerstäubervorrichtung zum Sprühen einer flüssigen Beschichtung und ein Verfahren zum Betreiben derselben zur Verfügung zu stellen, bei der/dem der Zerstäuberkopf einen Einsatz umfaßt, der die vordere Strömungsfläche des Zerstäuberkopfes während des Betriebes benetzt, so daß der Zerstäuberkopf leichter zu reinigen ist.

Es ist noch ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Übertragen einer Ladung auf einen schnelllaufenden Zerstäuberkopf durch einen Halbleiterring, der an der Vorderseite des Rotationszerstäubergehäuses befestigt ist, zur Verfügung zu stellen, so daß die Ladung in dem Ring abgeleitet wird, um die Notwendigkeit des Schützens eines Bedieners vor einem Elektroschock zu vermeiden.

Ein noch anderes Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine neue Eigensicherheitsperre für den Netzanschluß einer elektrostatischen Sprühvorrichtung vorzusehen.

Noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Teil der Abluft aus einem Luftturbinenmotor einer Rotationszerstäubervorrichtung in einen Zerstäuberkopf zu führen, um ihn mit dem Beschichtungsmaterial in dem Zerstäuberkopf zu vermischen, um die Dispersion des flüssigen Beschichtungsmaterials, das aus dem Zerstäuberkopf gesprüht wird, zu verbessern. Außerdem hält der Teil der Abluft den Kopf sauberer und erzeugt eine Luftsperrung, die das Zurücksickern des Beschichtungsmaterials in die Rotationszerstäubervorrichtung verhindert.

Erfindungsgemäß umfaßt eine elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung ein Zerstäubergehäuse mit vorderen, mittleren und hinteren Abschnitten, die eine Innenkammer umschließen. An dem vorderen Abschnitt des Zerstäubergehäuses ist ein Ring lösbar befestigt. Der Ring hat eine Vorderfläche, die mit einer Kreisbohrung versehen ist, die eine Luftströmungsfläche dort hindurch bildet. Ein Zerstäuberkopf mit einer Rotationsachse durch diesen hindurch besitzt eine erste Fläche, über die flüssige Beschichtung nach außen zu einer Zerstäuberante desselben strömen kann, wenn der Zerstäuberkopf um die Rotationsachse gedreht wird. Ein Drehantrieb erstreckt sich mindestens teilweise durch die Innenkammer des Zerstäubergehäuses und befestigt den Zerstäuberkopf an einem Luftturbinenmotor, um den Zerstäuberkopf in einer ersten Richtung um die Rotationsachse zu drehen.

Der Zerstäuberkopf ragt mindestens teilweise in die Kreisbohrung des Ringes, um einen Spalt zwischen dem Zerstäuberkopf und der Kreisbohrung zu begrenzen. Durch das Zerstäubergehäuse hindurch wird ein Strom von vektorieller Luft in den Spalt gelenkt. Ein Druckluftsteuerelement, das in dem Spalt zwischen dem Zerstäuberkopf und der Kreisbohrung angeordnet ist, richtet den Strom der vektoriellen Luft in einem Winkel zu der Rotationsachse durch den Spalt und gegen den Zerstäuberkopf, so daß der Strom der vektoriellen Luft im wesentlichen um die Rotationsachse in der ersten Richtung gedreht wird.

Erfindungsgemäß umfaßt das Druckluftsteuermittel eine Vielzahl von Schlitzen in der Luftströmungsfläche der Kreisbohrung. Die Schlitze sind voneinander beabstandet und in einem Winkel von ungefähr 5 Grad bis ungefähr 60 Grad in bezug auf die Rotationsachse angeordnet. Die Schlitze richten den Strom der vektoriellen Luft gegen den Zerstäuberkopf, um sowohl jeglichen durch die Rotation des Kopfes verursachten Vakuumdruckzustand an dem Zerstäuberkopf zu eliminieren als auch das Rückwärtsumhüllen des Kopfes, des Ringes und des Zerstäubergehäuses durch die Farbe im wesentlichen zu eliminieren. Außerdem formt die vektorielle Luft das Muster der von dem Kopf herausgeschleuderten Farbe.

Erfindungsgemäß ist außerdem die Anwendung einer



Drehzahlermittlungseinrichtung in einer elektrostatischen Rotationszerstäubersprühvorrichtung offenbart, die durch einen Luftturbinenmotor angetrieben wird. Der Turbinenmotor umfaßt ein Turbinengehäuse, das ein Turbinenrad enthält, das eine Rotationsantriebswelle um eine Rotationsachse dreht. Die Antriebswelle, die an einen Zerstäuberkopf angeschlossen ist, dreht auch den Zerstäuberkopf um die Rotationsachse. An dem Turbinenrad sind Permanentmagnete befestigt und daran so angeordnet, daß sie mit der Rotationsachse konzentrisch umlaufen. An dem Turbinengehäuse und von dem Turbinenrad beabstandet ist ein Meßfühlerkopf befestigt. Der Meßfühlerkopf hat einen Polschuh mit einem ersten Ende in einer Abnehmerspule und einem zweiten gegenüberliegenden Ende, das in das Turbinengehäuse ragt und benachbart zu den Permanentmagneten, jedoch ohne Berührung mit diesen, angeordnet ist. Wenn sich das Turbinenrad dreht, schneidet der Polschuh das durch die Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld und veranlaßt die Induktionsspule, ein Signal auszugeben, das die Rotation des Turbinenrades repräsentiert. Eine Infrarotlichtemitterelektrode empfängt das Ausgangssignal von der Induktionsspule und gibt ein entsprechendes Infrarotlichtsignal aus. Ein Phototransducer ist, von der Infrarotlichtemitterelektrode beabstandet, auf einer Leiterplatte angeordnet, um in Reaktion auf das Infrarotlichtsignal von der Lichtemitterelektrode ein Niederspannungsausgangssignal zu erzeugen. Der Phototransducer und die Leiterplatte sind vollständig von einem Mantel aus leitfähigem Material umgeben. Ein monolithisches Gehäuse aus durchsichtigem, dielektrischem Material bedeckt den Mantel aus leitfähigem Material und läßt zu, daß das Lichtsignal von der Lichtemittereinrichtung auf den Phototransducer scheint. Der Phototransducer wiederum erzeugt das Niederspannungsausgangssignal ohne Überlagerung von der Hochspannung oder den Hochfrequenzfeldern, die durch den nahegelegene internen Netzanschluß erzeugt werden.

Erfindungsgemäß umfaßt die elektrostatische Rotationszerstäuberflüssigkeitssprühvorrichtung außerdem einen elektrostatischen Hochspannungsnetzanschluß, der in dem Zwischenabschnitt des Zerstäubergehäuses zwischen dem Turbinenantrieb und dem vorderen Abschnitt des Zerstäubergehäuses zum Abgeben einer elektrostatischen Hochspannungsladung an den Zerstäuberkopf angeordnet ist. Der Netzanschluß hat eine ringartige Form und ist von den Innenwänden des Zwischenabschnittes beabstandet, um einen Spalt dazwischen zu bilden. Ein Abluftrohr führt Abluft von dem mit Luft angetriebenen Turbinenantrieb, um den Netzanschluß zu kühlen. Um die elektrostatische Hochspannungsladung von dem internen Netzanschluß in den Halbleiterring und dann über den Luftspalt in den Zerstäuberkopf zu übertragen, ist eine Schaltung vorgesehen. Der Halbleiterring ist aus einem Halbleiterverbundwerkstoff aufgebaut, so daß die elektrostatische Hochspannungsladung, die über den Spalt und in den Zerstäuberkopf übertragen wird, ganz durch den Ring abgeleitet wird. Eine Eigensicherheitsschaltung von der hierin offenbarten neuen Gestaltung kann eingeschlossen sein, um die Leistung zu regeln, die an den Netzanschluß abgegeben wird.

Erfindungsgemäß umfaßt ein Rotationszerstäuberkopf oder -glocke zum Zerstäuben von Beschichtungsmaterial einen Rotationsglockenkörper, der eine Längsachse durch ihn hindurch besitzt und mit einer inneren Strömungsfläche, die den Strom des Beschichtungsmaterials zur Stirnfläche der Glocke leitet, und mit einer äußeren Fläche ausgebildet ist, die den Strom der formgebenden und vektoriellen Luft leitet. Der Glockenkörper hat eine sanduhrartige Form. Farbe, die in das Innere der Glocke eingeführt wird, fließt von dem Inneren an der vorderen Fläche der Glocke entlang und wird

in einem gleichförmigen, kreisförmigen Muster von den Kanten der Glocke hinausgeschleudert. Die Farbe wird durch den Kontakt mit der durch die Glocke aufgenommenen Hochspannungsladung elektrostatisch aufgeladen.

Erfindungsgemäß kann die Rotationszerstäuberglocke einen konischen Einsatz umfassen, der coaxial mit der Längsachse angeordnet und in der konischen Fläche des Düsenaufnahmeiteiles befestigt ist, um einen Spalt dazwischen zu begrenzen. Der Spalt bildet einen Strömungsweg für den aus der Düse austretenden Beschichtungsmaterialstrom zur vorderen Strömungsfläche der Glocke. Es kann eine Vielzahl von Rippen vorgesehen werden, die sich jeweils von der konischen Fläche des konischen Einsatzes nach außen erstrecken. Die Rippen sind voneinander beabstandet und teilen das entlang der konischen Fläche strömende Beschichtungsmaterial in eine Anzahl von feingeteilten, einzelnen Strömen von Beschichtungsmaterial zum Austrag durch den Spalt und auf die vordere Strömungsfläche. Vorzugsweise erstreckt sich die Vielzahl der Rippen von der konischen Fläche nach außen, um an den konischen Einsatz zu stoßen, wodurch der Strom des Beschichtungsmaterials auf den zwischen dem konischen Einsatz, der konischen Fläche und den anstoßenden Rippen gebildeten, umschlossenen Raum begrenzt ist. Der Einsatz ist aus einem Halbleitermaterial hergestellt und kann in einer alternativen Ausführungsform Elektroden umfassen, die von der Vorderfläche des Einsatzes nach außen ragen, um an der Vorderfläche des Einsatzes ein elektrostatisches Feld vorzusehen. Die Rotationszerstäuberglocke kann außerdem eine Vielzahl von zweiten Rippen umfassen, die sich jeweils von der vorderen Strömungsfläche nach außen erstrecken. Die zweiten Rippen sind voneinander beabstandet, um das entlang der vorderen Strömungsfläche strömende Beschichtungsmaterial in einzelne Beschichtungsmaterialströme zum Austrag von der Zerstäuberlippe des Glockenkörpers als zerstäubte Tröpfchen des Beschichtungsmaterials weiter zu teilen.

Entsprechend einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist eine Rotationszerstäuberglocke zum Zerstäuben von Beschichtungsmaterial so konstruiert, daß sie den Mittelpunkt der Glocke mit Beschichtung benetzt hält, um das Säubern zu erleichtern.

Gemäß einer noch anderen Ausführungsform der Erfindung umfaßt die elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung zum Sprühen eines flüssigen Beschichtungsmaterials einen Luftkanal, wie zum Beispiel zwischen dem Flüssigkeitsrohr und der Rotationsantriebswelle, zum Leiten von Luft durch das Innere des Zerstäuberkopfes, so daß sowohl die Luft als auch das flüssige Beschichtungsmaterial gemeinsam strömen und verhindert wird, daß das flüssige Beschichtungsmaterial den Luftkanal hinunterströmt. Ein Luftkanal in der Zerstäubersprühvorrichtung leitet einen ersten Teil der Abluft vom Luftturbinenmotor, der mit der Rotationsantriebswelle verbunden ist, in den Luftkanal zum Strömen zum Zerstäuberkopf, und einen zweiten Teil der Abluft zu einer Stelle außerhalb des Zerstäubergehäuses. Der Rotationszerstäuberkopf hat einen darin angeordneten Strömungsverteiler, um den Beschichtungsmaterialstrom aus dem Flüssigkeitsrohr durch einen ersten Strömungskanal zu einer vorderen Strömungsfläche des Rotationszerstäuberkopfes zu leiten, und einen zweiten Strömungskanal, um den Abluftstrom aus dem Luftkanal zum ersten Strömungskanal zu leiten, um ihn mit dem Beschichtungsmaterial zu vermischen, wenn es zu der vorderen Strömungsfläche des Rotationszerstäuberkopfes strömt.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Der Aufbau, die Wirkungsweise und die Vorteile der ge-



genwärtig bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden bei Betrachtung der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigelegten Zeichnungen weiter verständlich, in denen:

**Fig. 1** eine seitliche Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Rotationszerstäubers ist;

**Fig. 2** eine seitliche Schnittansicht ist, die einen Drehzahlsensor zum Messen der Umdrehungsgeschwindigkeit eines durch Luft angetriebenen Turbinenmotors in dem Rotationszerstäuber der **Fig. 1** zeigt;

**Fig. 3** eine Ansicht entlang der Linie 3-3 der **Fig. 1** ist, die die Turbine mit den in Phantomlinien dargestellten, eingebetteten Magneten entsprechend der Erfindung zeigt;

**Fig. 4** eine seitliche Schnittansicht eines Halbleiterrings ist, der an dem vorderen Ende des in **Fig. 1** gezeigten Zerstäubergehäuses angeordnet ist, sowohl zum Ableiten der auf den schnelllaufenden Zerstäuberkopf übertragenen hohen elektrostatischen Ladung als auch zum Richten eines Stromes von vektorieller Luft auf den Zerstäuberkopf, um das Rückwärtsanhängen des Zerstäubergehäuses durch die Farbe zu verhindern und zum Formgeben des Farbnebels;

**Fig. 5** eine Hinteransicht des Ringes von **Fig. 4** ist, die die in dem Ring eingebetteten Widerstände zeigt;

**Fig. 6A** eine seitliche Schnittansicht einer ersten Ausführungsform eines verbesserten Rotationszerstäuberkopfes ist, der einen konusförmigen Einsatz zum Verteilen der Farbe auf die Vorderfläche des Kopfes besitzt;

**Fig. 6B** eine seitliche Schnittansicht des Rotationszerstäuberkopfes vor dem Einbau des konusförmigen Einsatzes ist;

**Fig. 7** eine Seitenansicht des in **Fig. 6A** gezeigten konusförmigen Einsatzes ist;

**Fig. 8** eine Schnittansicht des konusförmigen Einsatzes aus **Fig. 7** ist;

**Fig. 9** eine Ansicht entlang der Linie 9-9 der **Fig. 7** ist, die die beabstandeten, aufrechtstehenden Rippen an den divergierenden, nach außen zeigenden Seiten des konusförmigen Einsatzes zeigt;

**Fig. 10** eine Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform eines konusförmigen Einsatzes ist, der eine hervorstehende Elektrode besitzt;

**Fig. 11** eine Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform eines sanduhrförmigen Rotationskopfes, teilweise im Schnitt, ist, der einen mittigen Einsatz zum Verteilen von Beschichtungsmaterial auf die Vorderfläche des Kopfes und Benetzung der Vorderfläche mit Farbe besitzt;

**Fig. 12** eine Seitenansicht des mittigen Einsatzes der **Fig. 11** ist;

**Fig. 13** eine Ansicht entlang der Linie 13-13 der **Fig. 12** ist;

**Fig. 14** eine Schnittansicht durch den in **Fig. 12** dargestellten Einsatz ist;

**Fig. 15** eine Ansicht entlang der Linie 15-15 der **Fig. 14** ist;

**Fig. 16** ein Schaltbild der Drehzahlsensorschaltung ist;

**Fig. 17** eine Seitenansicht eines Netzanschlusses ist;

**Fig. 18** eine Ansicht entlang der Linie 18-18 der **Fig. 17** ist;

**Fig. 19** ein Schaltbild des Netzanschlußkreises ist;

**Fig. 20** eine vergrößerte Ansicht eines Teiles des Rotationskopfes oder -glocke ist, die die an der Innenfläche des Kopfes befestigten, sich nach außen erstreckenden Rippen zeigt;

**Fig. 21** ein Schaltbild des Eigensicherheitssperreabschnittes des Netzanschlußkreises ist;

**Fig. 22** eine seitliche Schnittansicht einer anderen Ausführungsform eines Rotationszerstäubers ist, bei dem ein Teil der Abluft vom Luftturbinenmotor in den Zerstäuber-

kopf geleitet wird, um sich mit dem Beschichtungsmaterial zu vermischen und zu verhindern, daß Beschichtungsmaterial zurück in die Rotationszerstäubervorrichtung sickert; und

**Fig. 23** eine vergrößerte, teilweise geschnittene Ansicht der mit dem Zerstäuberkopf zusammengebauten Rotationsantriebswelle ist.

## Ausführliche Beschreibung der Erfindung

Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist ein elektrostatischer, eine Flüssigkeit sprühender Rotationszerstäuber **10** gezeigt, der erfindungsgemäß aufgebaut ist. Der Rotationszerstäuber **10** umfaßt ein Zerstäubergehäuse **12**, das einen vorderen Abschnitt **14**, einen Zwischenabschnitt **16** und einen hinteren Abschnitt **18** besitzt, die eine Innenkammer **20** begrenzen.

Ein Druckluftsteuerelement **21** nimmt einen Ring **22** auf, der in den **Fig. 4** und **5** im Detail gezeigt ist, und ist lösbar an der Vorderfläche **24** des vorderen Abschnittes **14** befestigt. Der Ring **22** hat eine vordere Wand **26**, die mit einer Kreisbohrung **28** um eine Achse **150** versehen ist, die (wenn das Druckluftsteuerelement **21** an dem vorderen Abschnitt **14** angebaut ist) mit einer Längsrotationsachse **34** zusammenfällt, die sich durch das Zerstäubergehäuse **12** erstreckt.

Ein interner Netzanschluß **38**, der in der Innenkammer **20** angeordnet ist, erzeugt elektrostatische Hochspannung in dem Bereich von ungefähr 30.000 Volt Gleichspannung bis ungefähr 100.000 Volt Gleichspannung. Der in den **Fig. 17** und **18** gezeigte Netzanschluß **38** hat einen ringkammerförmigen, zylindrischen Aufbau mit einer Durchgangsböhrung **304** und ist um den Drehantriebsmechanismus **36** herum angeordnet. Der Netzanschluß **38** ist mit dem Druckluftsteuerelement **21** durch Übertragungsmittel für die elektrische Spannung **39** einschließlich einer elektrischen Schaltung **309**, die unten beschrieben ist, elektrisch verbunden.

Der Drehantriebsmechanismus **36**, der in der Innenkammer **20** des Rotationszerstäubers **10** angeordnet ist, ist vorzugsweise ein durch Luft angetriebener Turbinenmotor **44**, der interne Luftlager (nicht dargestellt), einen Antriebsluft-einlaß (nicht dargestellt) und einen Brenslufteinlaß (nicht dargestellt) zum Steuern der Umdrehungsgeschwindigkeit eines Turbinenrades **47** umfaßt, dessen Komponenten alle im Stand der Technik allgemein bekannt sind. Der Turbinenmotor **44** umfaßt eine Rotationsantriebswelle **42**, die sich durch ein Turbinengehäuse **40** erstreckt und in diesem drehbar gelagert ist. Die Rotationsantriebswelle **42** erstreckt sich durch die Kreisbohrung **28** des Ringes **22** und hat an einem Ende eine Zerstäuber-glocke oder einen Zerstäuberkopf **30** befestigt. Die Antriebswelle **42** erstreckt sich an dem gegenüberliegenden Ende weiter in ein Turbinenantriebsradgehäuse **45** und ist an dem Turbinenrad **47** befestigt.

Ein stationäres Flüssigkeitsströmungsrohr **46** erstreckt sich vollständig durch den Drehantriebsmechanismus **36** und steht an einem Ende in Fluidverbindung mit einem druckluftbetätigten Ventil **49** und an dem anderen Ende mit dem Zerstäuberkopf **30**, um eine flüssige Beschichtung von dem Ventil zu dem Zerstäuberkopf zu übertragen. Das Ventil **49** hat einen mit einem Kolben **602** verbundenen Ventilschaft **600**. Eine Feder **604** drückt gegen den Kolben **602**, um das ballförmige Ende **606** des Schaftes **600** gegen den Ventilsitz **608** zu pressen. Die Farbe wird durch Kanäle (nicht dargestellt) in einer Ventilplatte **60** und einer Verteilerstückplatte **68** zu Farbeinlässen **610** geführt. Um das Hindurchgehen der Farbe durch das Ventil **49** in das Rohr **46** zuzulassen, wird einer Luftkammer **612** auf der gegenüberliegenden Seite des Kolbens **602** von der Feder **604** Druckluft



durch Kanäle (nicht dargestellt) in der Ventilplatte 60 und der Verteilerstückplatte 68 zugeführt. Die Druckluft bewegt den Kolben 602 nach links in Fig. 1, so daß die Feder 604 zusammengedrückt und das Ventilende 606 aus dem Sitz 608 zurückgezogen wird, um das Hindurchströmen von Farbe durch das Ventil 49 in das Rohr 46 zuzulassen.

Unter Bezugnahme auf den Luftturbinenmotor 44 ist eine Quelle von Turbinentriebsdruckluft durch einen Kanal (nicht dargestellt) durch die Verteilerstückplatte 68 und die Ventilplatte 60 hindurch mit dem Turbinenradgehäuse 45 verbunden, um das Luftturbinentriebsrad 47, wie in Fig. 3 gezeigt, entsprechend der herkömmlichen Art und Weise zu drehen. Das heißt, der Strom der Turbinentriebsluft wird gegen den Außenumfang 132 des Antriebsrades 47 gerichtet, um das Rad um die sich durch den Rotationszerstäuber 10 erstreckende Längsachse 34 zu drehen. Eine Quelle von Bremsluft ist ebenfalls durch einen Kanal (nicht dargestellt) durch die Verteilerstückplatte 68 und die Ventilplatte 60 hindurch mit dem Turbinenradgehäuse 45 verbunden, um an aufrechtstehenden Bremschaufeltaschen 135 anzugreifen, die von der Seitenfläche des Turbinenrades 47 hervorstehen. Vorzugsweise sind Magneten 94 in dem Antriebsrad 47 eingebettet und können, wenn es gewünscht wird, von der Stimfläche des Antriebsrades, wie in Fig. 1 gezeigt und unten erläutert, nach außen ragen.

Beim Zusammenbau des Rotationszerstäubers 10 wird der Netzanschluß 38 in den vorderen Abschnitt 14 eingesetzt, und der Drehantriebsmechanismus 36 wird in die Durchgangsbohrung 304 in dem Netzanschluß eingesetzt. Dann wird von dem hinteren Abschnitt 18 des Zerstäubergehäuses 12 eine Verbindungsplatte 48 eingebaut, so daß ihre Vorderfläche 50 vom Netzanschluß 38 beabstandet ist, um einen schmalen Luftspalt 51 zu definieren, der einen Strömungsweg für vektorielle Kühlluft bildet, wie es unten ausführlich beschrieben wird. Ein hervorstehendes Mittelteil 300 der Verbindungsplatte 48 stößt an das Turbinenradgehäuse 45, um den Turbinenmotor 44 in dem Zerstäubergehäuse 12 stabil zu befestigen. An die hintere Fläche 56 der Verbindungsplatte 48 angefügt ist die Vorderfläche 58 einer Ventilplatte 60, in der das druckluftbetätigte Ventil 49 zum Steuern des Flüssigkeitsstromes durch das Strömungsrohr 46 angeordnet ist. Luftzuführungskanäle, wie z. B. Turbinenluft- und Bremsluftzuführungskanäle (nicht dargestellt), und ein Zuführungskanal 62 für die vektorielle Luft erstrecken sich durch die Ventilplatte 60. Eine Drehzahlüberwachungseinrichtung oder -system 64 hat ein in der Ventilplatte 60 angeordnetes Signalverarbeitungsteil 65 und ein in der Verbindungsplatte 48 eingebautes Signaldemodulationsteil 66, wie es unten ausführlicher erläutert wird. Der hintere Teil des Drehzahlüberwachungssystems 64 erstreckt sich durch eine Verteilerstückplatte 68, die in dem hinteren Abschnitt 18 des Rotationszerstäubergehäuses 12 eingebaut ist. Die Verteilerstückplatte 68 hat eine Vielzahl von Rohrverbindungsstücken einschließlich, jedoch nicht darauf begrenzt, eines Rohrverbindungsstückes 69 für vektorielle Luft, eines Lagerluftrohrverbindungsstückes (nicht dargestellt), eines Turbinentriebsluftrohrverbindungsstückes (nicht dargestellt), eines Turbinenbremsluftrohrverbindungsstückes (nicht dargestellt), eines Beschichtungszuführungsrohrverbindungsstückes (nicht dargestellt), eines Drehzahlüberwachungsgerätes 64, das verwendet wird, um Signale zu empfangen, die die Drehzahl des Luftturbinenmotors 44 repräsentieren, und einer sich axial erstreckenden Stützanordnung 71 zur Befestigung des Rotationszerstäubers 10 an einer Vorrichtung zum Positionieren des Rotationszerstäubers an einem Arbeitsplatz, wie z. B. einem Industrieroboter oder einem hin- und hergehenden Mechanismus (nicht dargestellt).

Das in Fig. 1 gezeigte Zerstäubergehäuse 12 umfaßt eine äußere Ummantelung 70 mit einem hinteren Endabschnitt 72 mit einem größeren Durchmesser, das die Verteilerstückplatte 68, die Ventilplatte 60 und die Verbindungsplatte 48 umgibt. Die Außenummantelung 70 umfaßt auch einen sich verjüngenden vorderen Endabschnitt 76, der ein zylindrisches hinteres Endteil 78 besitzt, das in dem offenen vorderen Ende 80 des hinteren Endabschnittes 72 der äußeren Ummantelung 70 aufgenommen ist. Wie in Fig. 3 zu sehen ist, stellt ein Luftspalt 84, der durch den Zwischenraum zwischen dem vorderen Ende 80 mit großem Durchmesser des hinteren Endabschnittes 72 und dem zylindrischen hinteren Endteil 78 mit kleinerem Durchmesser des vorderen Endabschnittes 76 ausgebildet ist, einen Abluftweg für die von dem Turbinenradgehäuse 45 ausgestoßene Luft zur Verfügung, wie es unten ausführlicher erläutert wird.

#### Drehzahlregelung

Ein Hauptmerkmal dieser Erfindung betrifft die Drehzahlüberwachungseinheit 64 zum Messen der Umdrehungsgeschwindigkeit des in dem Turbinenradgehäuse 45 des Luftturbinenmotors 44 eingebauten luftgetriebenen Turbinenrades 47. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, ist das Turbinenrad 47 mit einer Vielzahl von Magneten 94 ausgestattet, wie z. B. acht, die um die Rotationsachse 34 unlaufen. Obwohl es allgemein bekannt ist, einen Luftturbinenmotor mit einem magnetischen Geber zum Erzeugen von Impulsen, die die Umdrehungen der Turbine repräsentieren, und zum Ausgeben von Rückführsignalen an eine geeignete Überwachungs- und Anzeigeeinrichtung auszustatten, müssen in der vorliegenden Umgebung, wo der Netzanschluß 38 in der unmittelbaren Nähe des Turbinenmotors 44 angeordnet ist, Hochfrequenzwellen (RF-Wellen), die vom Netzanschluß ausstrahlen, von den Rückführsignalen getrennt werden, die ansonsten verzerrt werden und die genaue Bestimmung der Turbinenraddrehzahl verhindern würden. Außerdem muß der Drehzahlsensor 64 von den 30.000 bis 100.000 Kilovolt, die durch den Hochspannungsnetzanschluß 38 erzeugt werden, isoliert werden. Ansonsten würden die Rückführsignale, wie bei den RF-Wellen, durch die hohe Spannung vollständig verzerrt werden, und dieses würde die genaue Bestimmung der Turbinenraddrehzahl verhindern.

Die Drehzahlüberwachungseinheit 64 umfaßt, wie in Fig. 2 zu sehen ist, ein Signaldemodulationsteil 66, das aus einer Spulenhaltvorrichtung 93 mit einem zylindrischen Polschuh 96 aufgebaut ist, der durch eine Öffnung in der Wand der Verbindungsplatte 48 ragt. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, ist der Polschuh 96 neben dem Turbinenrad 47 angeordnet und ist zu den Magneten 94 zeigend ausgerichtet. Während des Betriebes schneidet der Polschuh 96 das durch die rotierenden Magneten 94 erzeugte magnetische Feld und induziert eine Spannung in der Induktionsspule 100, die aus ungefähr 2 000 Drahtwicklungen gebildet ist, wie z. B. Magnetdraht Nr. 38, der um die Spulenhaltvorrichtung 93 gewickelt ist. Die Magnetdrahtspule um die Spulenhaltvorrichtung 93 herum gibt durch Zuleitungsdrähte 102 ein kleines Spannungssignal von ungefähr 2 Volt oder weniger aus, um einen Lichtemitter 104 zu aktivieren, wie z. B. eine Hochintensitätsinfrarotlichtemitterdiode (IR LED). Eine beispielhafte LED ist z. B. ein Modell SFH484 von Siemens Company. Die IR LED 104 erzeugt Blitze von unsichtbarem Infrarotlicht, das einen eng gebündelten Strahl besitzt, der durch halbdurchsichtige Materialien übertragbar ist.

Das Licht von der IR LED 104 wird z. B. durch die nach vorn zeigende Fläche 108 des Drehzahlsensorgehäuses 110, das aus einem durchsichtigen Material (später beschrieben) gebildet ist, und in einen Phototransducer/Photodetektor 112



übertragen, der ein Niederspannungsausgangssignal von bis zu ungefähr 2 Volt entsprechend der Intensität des IR-Signals von der LED 104 ausgibt. Der Phototransducer/Photodetektor 112, wie z. B. ein Modell SFH303F von Siemens Company, wird auf einer Leiterplatte 114 montiert und gibt das Niederspannungsausgangssignal an eine elektrische Schaltung 115 auf der Leiterplatte 114, wie es in Fig. 16 gezeigt ist.

Die elektrische Schaltung 115 umfaßt einen Phototransistor 112 mit Vorspannungswiderständen 400 und 402, die den Transistor 112 vorspannen, so daß ein Lichtsignal von der LED 104 eine Gleichspannung über den Phototransistor 112 erzeugt, die repräsentativ für die Turbinendrehzahl ist. Die Gleichspannung ist Bedingung bis zu den Kondensatoren 406 und 408. Das Signal wird dann durch den Komparator 411 mit einer 6,2-Volt-Bezugsgröße verglichen. Wenn das Gleichspannungssignalsignal in dem invertierenden (Minus-)Eingang des Komparators 411 die Spannung an dem nichtinvertierenden Eingang (Plus) überschreitet, geht der Komparator 410 zu seiner negativen Schiene und gibt Null Volt aus. Umgekehrt, wenn der invertierende Eingang kleiner als der nichtinvertierende Eingang ist, schlägt der Ausgang des Komparators 410 auf die positive Schiene aus und gibt eine positive Spannung, d. h. 12 Volt (V), aus. Wenn der Komparator 410 in die negative Spannungsschiene ausschlägt, schaltet der Komparator 412 die Ausgangsstufe 416 ab. Gleichzeitig schaltet der Komparator 414 die Ausgangsstufe 418 ein. Der Nutzeffekt an den Stiften 130a und 130b ist ein TTL-Differenzspannungsausgangssignal. Das Differenzspannungssignal bei 130a und 130b ist ein Rechteckwellensignal, das sich in der Frequenz proportional zu der Drehzahl der Turbine verändert. Die Schaltung 115 ist zum Ausgeben eines Differenzsignals entworfen, das auch als Übertragungssignal bezeichnet wird, weil es in der Lage ist, über eine große Entfernung zu wandern, und weil es gegen Fehler immun ist, die durch Störung von der Hochspannung des Netzanschlusses 38 verursacht werden.

Während des Betriebes leuchtet die LED 104 in einer sinusförmigen Art und Weise auf und erlischt. Dieses daraus resultierende sinusförmige Lichtsignal verändert sich mit der Frequenz des Turbinenrades 47. Die Schaltung 115 wandelt das sinusförmige Signal in Rechteckwellen um und erzeugt einen entsprechenden Differenzsignalausgangswert, der wiederum die Drehzahlrückführung zum Regler 500 bereitstellt. Die Schaltung 115 umfaßt auch einen Netzanschluß 420, der eine positive Zuleitungsschiene 422 mit einer Leistungsabgabe 426 und einer Spannungsabgabe 427 und eine Sollwertzuleitungsschiene 424 mit einer Referenzspannungsabgabe 428 besitzt. Der Leistungseingang 426 erhält Leistung von einem Steueranschluß (nicht dargestellt). Der Netzanschluß hat auch eine Erdung 425.

Die Leiterplatte 114 und der Phototransducer/Photodetektor 112 sind von einem leitfähigen Mantel 116, insbesondere in dem Bereich des Transducers/Detektors 112, umschlossen. Der leitfähige Mantel 116 stellt die notwendige Abschirmung von Hochfrequenz-RF-Signalen zur Verfügung, wenn er geeignet geerdet ist (nicht dargestellt), die ansonsten das von dem Transducer/Detektor 112 übertragene Niederspannungssignal stören würden. Da sich jedoch die Leiterplatte 114 in der Gegenwart von sehr hohen Spannungen befindet, d. h. bis zu ungefähr 100 Kilovolt (kV), ist die weitere Isolation der Leiterplatte 114 notwendig, um die Zerstörung der Schaltungsanordnung und aller befestigten Steuerungen auf der Platte 114 zu verhindern. Um die notwendige Isolation vorzusehen, sind sowohl der Phototransducer/Photodetektor 112 als auch die Leiterplatte 114 vollständig in der zylindrischen Ummantelung 118 des Drehzahlsensorge-

häuses 110 aufgenommen. Das Drehzahlsensorgehäuse 110 ist aus einem gleichförmigen, nahtlosen, monolithischen, durchsichtigen dielektrischen Material gebildet, wie z. B. ULTEM 1000 Dielectric von General Electric Plastics. Die Ummantelung hat eine Grundbohrung 120, wobei die IR LED 104 zusammen mit dem Transducer/Detektor 112 in einer Längsachse 122 angeordnet ist. Diese räumliche Beziehung läßt das IR-Signal von der IR LED 104, durch das durchsichtige dielektrische Material der zylindrischen Ummantelung 118 hindurchgehen und direkt auf den Transducer/Detektor 112 scheinen, der wiederum ein Ausgangssignal erzeugt, das über Drähte 113 zu der Leiterplatte 114 übertragen wird. Ein wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, daß die Ummantelung 118 eine monolithische Struktur ist, so daß keine Spalten, Nähte oder Unregelmäßigkeiten bestehen, die für die hohe statische Spannung einen Weg zum Eindringen in die geschlossene Bohrung 120 und durch den leitfähigen Mantel 116 zur Verfügung stellen würden, um entweder das Signal zu stören oder die Leiterplatte 114 und/oder den Transducer/Detektor 112 zu zerstören. Der leitfähige Mantel 116 erstreckt sich über das hintere Teil der Leiterplatte 114 hinaus. Ein zylindrischer Abstandhalter 126, der aus einem elektrischen Isolator gebildet wird, stößt an das offene hintere Ende der leitfähigen Abschirmung 116. Ein elektrisches Anschlußstück 128 ist in der Öffnung der Ummantelung 118 eingeschraubt und stößt an den zylindrischen Abstandhalter 126, um den leitfähigen Mantel 116 in der gewünschten Position zu befestigen. Ein elektrischer Leiter 132, der Zuleitungsdrähte 130a, 130b enthält, überträgt ein Ausgangsdifferenzübertragungssignal von der Leiterplatte 114 zu einem Regler 500.

Während des Betriebes, wenn sich das Turbinenrad 47 dreht, drehen sich die Magneten 94 an dem Polschuh 96 vorbei und erzeugen in Reaktion auf den Magnetfluß von den Magneten ein Niederspannungssignal. Das in die Spule 100 fließende Niederspannungssignal erzeugt ein Spannungssignal, das die IR LED 104 aktiviert. Aus der Stirnfläche 106 der IR LED 104 tritt dann in Reaktion auf das in der Spule 100 erzeugte Spannungssignal Infrarotlicht mit einer extrem hohen Strahlungsintensität pulsierend aus. Das Infrarotlicht von der LED 104 scheint durch das dielektrische Material hindurch, das das Endteil 127 der Ummantelung 118 bildet, und dann in den Phototransducer/Photodetektor 112. Der Phototransducer/Photodetektor 112 erzeugt wiederum ein Ausgangssignal und überträgt das Ausgangssignal zu der Schaltung 115 auf der Leiterplatte 114, die dann wiederum durch die Zuleitungsdrähte 130, die sich durch das elektrische Anschlußstück 128 und in den elektrischen Leiter 132 erstrecken, der an eine Regeleinrichtung 500 angeschlossen ist, ein Differenzübertragungssignal leitet. Die Regeleinrichtung 500 verarbeitet das Übertragungssignal, vergleicht es mit einem Bezugssignal, das einer Sollumdrehungsgeschwindigkeit des Turbinenrades 47 entspricht, und erzeugt ein Fehlersignal, das anzeigt, ob die Turbinendrehzahl auf der Solldrehzahl oder darüber oder darunter ist. Das Fehlersignal wird dann durch den Regler 500 verarbeitet, um den auf das Turbinenrad 47 aufgebrachten Druck der Antriebs- oder Bremsluft zu regeln, und hält die Umdrehung des Rades 47 auf der gewünschten Geschwindigkeit.

Deshalb ist das Drehzahlregelsystem 64 wegen der Isolation unter Verwendung eines optischen Systems hergestellt, erfordert aber keine lange optische Kopplung zwischen dem Rotationszerstäuber 18 und der Regeleinheit 500. Statt dessen kann ein konventioneller Metalldraht zwischen dem Zerstäuber 18 und dem Regler 500 verwendet werden, der nicht durch ständige Biegung geschwächt wird.



Ein Entlüftungskanal 134 ist an einem Ende mit dem Inneren des Turbinenradgehäuses 45 und an dem gegenüberliegenden Ende mit Schalldämpfern 136 verbunden. Die Abluft der Turbinen- und Bremsluft aus dem Turbinenradgehäuse 45 wird durch den Kanal 134 und die Schalldämpfer 136 und in den geschlossenen Raum 20 geführt. Die Abluft strömt weiter durch den Spalt 84 zwischen dem Endabschnitt 72 mit großem Durchmesser und dem Endabschnitt 76 mit dem kleineren Durchmesser des Außenmantels 70 und entlang der Außenfläche des Mantels nach vorne, wie es allgemein durch die Pfeile in Fig. 1 gezeigt ist. Dieser Abluftstrom ist wirksam, um zu verhindern, daß sich versprühte Farbe rückwärts um die Außenfläche des vorderen Abschnittes 14 des Gehäuses 12 oder die Außenfläche des Druckluftsteuerelementes 21 hüllt und daran haftet. Während die Abluft wirksam ist, um zu verhindern, daß sich die Farbe infolge von Veränderungen in der Turbinendrehzahl und des periodischen Aufbringens von Bremsluft, was zum Schwanken der Abluftmenge führt, zurück um das Gehäuse hüllt und an diesem haftet, ist es nicht wünschenswert, die Abluft zum Steuern der Formgebung des aus dem Zerstäuberkopf 30 ausgestoßenen Sprühmusters zu verwenden.

#### Vektorielle Luft

Ein Grundaspekt der Erfindung betrifft das Vorsehen von vektorieller Luft aus einer Druckluftquelle (nicht dargestellt) durch einen Einlaß 69 in der Verteilerstückplatte 68. Der Ausdruck "vektorielle Luft" meint Luft, die eine Kraft und eine Richtung besitzt. Die vektorielle Luft strömt durch den Kanal 62 und tritt, wie in Fig. 1 gezeigt ist, direkt in einen Spalt 51 zwischen der Verbindungsplatte 48 und der nach hinten zeigenden zylindrischen Flächen 140 des Netzanschlusses 38 aus. Die vektorielle Luft strömt um die Außenfläche 302 des Netzanschlusses 38 herum, um dort herum eine Kühl- und Frischluftzirkulation vorzusehen. Dann strömt die vektorielle Luft in den geschlossenen Raum 142, der das Turbinengehäuse 40 umgibt, und tritt durch die Vorderfläche 26 des vorderen Abschnittes 14 in das Druckluftsteuerelement 21 aus. Die vektorielle Luft wird durch das Druckluftsteuerelement 21 aus der Durchgangsbohrung 28 heraus und um den Zerstäuberkopf 30 herum gelenkt, wie es nachfolgend erläutert wird. Ein wichtiges Merkmal der vektoriellen Luft ist es, daß sich der Strom in der gleichen Richtung wie die Rotationsrichtung des Kopfes 30 um die Rotationsachse 34 windet. Dieses wird durch die Konstruktion des Druckluftsteuerelementes 21 erreicht, wie es unten erläutert wird.

Die vektorielle Luft hat zwei Hauptfunktionen. Erstens verhindert sie einen Vakuumzustand um die hintere Fläche des Rotationskopfes 30 herum und eliminiert oder reduziert dadurch das Rückwärtsumhüllen der Farbe um das hintere Teil des Rotationskopfes 30 bedeutend. Zweitens bildet sie das von dem Rotationskopf 30 ausgetragene Farbmuster. Dieses Merkmal eliminiert die Verwendung von Formgebungslöchern zum Richten von Luft gegen die aus dem Rotationskopf ausgetragene Farbe, wie sie in den Rotations-sprühvorrichtungen des Standes der Technik verwendet werden. Die Formgebungslöcher mußten genau positioniert sein, und verteuerten deshalb die Herstellung des Rotationszerstäubers erheblich. Außerdem wurden die Formgebungslöcher von Zeit zu Zeit durch Farbe verstopft, und es war zeitaufwendig, sie zu reinigen.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 1, 4 und 5 tritt die vektorielle Luft in die Innenkammer 146 des Ringes 22 des Druckluftsteuerelementes 21 ein. Der Ring 22 hat eine Au-

ßenfläche 144, die von dem vorderen Abschnitt 14 des Zerstäubergehäuses 12 zur Vorderwand 26, die eine kreisförmige Durchgangsbohrung 28 besitzt, nach innen verjüngt ist. Die Innenkammer 146 des Ringes 22 hat einen aus einer zylindrischen Wand 148, die symmetrisch um eine Längsachse 150 durch den Ring 22 angeordnet ist, gebildeten Strömungslenkungsabschnitt. Wenn der Ring 22 auf dem Rotationszerstäuber 14 befestigt ist, stimmt die Längsachse 150 mit der Rotationsachse 34 durch den Rotationszerstäuber 10 überein. Eine Vielzahl von Rippen 152 ist gleichmäßig beabstandet und parallel zu der Achse 150 entlang der Innenfläche 154 der zylindrischen Wand 148 angeordnet. Die Rippen 152 sind so bemessen, daß sie die Außenfläche des Turbinengehäuses 40 berühren, wenn der Ring 22 mit herkömmlichen Mitteln, wie z. B. Schrauben 156, an der Vorderfläche 24 des vorderen Abschnittes 14 angebaut ist. Die offenen Kanäle zwischen den Rippen 152 und dem Turbinengehäuse 40 stellen einen Strömungsweg für die vektorielle Luft zum Strömen in die Vorwärtsrichtung durch die kreisförmige Wandung 148 zur Verfügung.

Der Ring 22 umfaßt Druckluftsteuerelemente 158, die in der Kreisbohrung 28 zum Lenken des Stromes der vektoriellen Luft um den Zerstäuberkopf 30 herum ausgebildet sind, wie es ausführlicher unten erläutert wird. Die Druckluftsteuerelemente 158 umfassen eine Vielzahl von Schlitten 160, die sich von der Luftströmungsfläche 162 der Kreisbohrung 28 nach außen erstrecken. Jeder der Schlitten 160 ist von dem anderen beabstandet und in einem Winkel "b" von ungefähr 5° bis ungefähr 60° in bezug auf die Achse 150 angeordnet, um den Strom der vektoriellen Luft gegen die Fläche des Zerstäuberkopfes 30 zu lenken. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Schlitten 160 in einem Winkel "b" von ungefähr 20° bis ungefähr 45° in bezug auf die Achse 150 und am bevorzugtesten in einem Winkel von ungefähr 37,5° in bezug auf die Achse 150 angeordnet. Es liegt auch im Bereich der Erfindung, die Schlitten 160 mit einer Krümmung auszubilden, um den Strom in einer Verdrehungsrichtung um die Achse 34 durch den Zerstäuber 10 zu lenken, wie es ausführlicher unten beschrieben wird.

Ein wichtiger Aspekt der Erfindung betrifft das Bereitstellen von vektorieller Luft aus einer Druckluftzuführung (nicht dargestellt) durch einen Luftkanal 62, um den Netzanschluß 38 herum, über die Rippen 152 und durch die in der Kreisbohrung 28 des Druckluftsteuerelementes 21 ausgebildeten Schlitten 160. Wenn die vektorielle Luft aus der Kreisbohrung 28 austritt, strömt sie entlang der äußeren Strömungsfläche 206 der Glocke 30 in die gleiche Richtung wie die Glocke 30 rotiert. Dieses eliminiert im wesentlichen jeden Vakuumzustand, der ansonsten um die Rotationsglocke 30 herum infolge der Auswirkungen des Fluidmaterialstromes über die Zerstäuberkannte 236 bestehen könnte. Die vektorielle Luft bricht das Vakuum auf, das ansonsten an der Rückseite des Kopfes 30 durch die Luft, die infolge der Kopfrotation weggestoßen wird, bestehen würde. Es wird nur eine kleine Menge vektorieller Luft benötigt, um dieses Vakuum aufzubrechen. Der Vorteil des Eliminierens dieses Vakuumzustandes besteht darin, daß das Rückwärtsumhüllen durch das Fluidbeschichtungsmaterial um das Zerstäubergehäuse 12, das Druckluftsteuerelement 21 und den Kopf 30 im wesentlichen eliminiert wird. In bezug auf die Konstruktion der Schlitten 160 wird der Winkel "b" in bezug auf die Achse 150 als eine Funktion der Rotationsgeschwindigkeit des Kopfes 130 ausgewählt. Wenn die Geschwindigkeit verringert ist, kann ein flacherer Winkel verwendet werden, weil durch den Kopf weniger Turbulenz erzeugt wird. Wenn die Geschwindigkeit der Kopfrotation erhöht ist, kann der Winkel "b" auch vergrößert werden, um die Größe der Luftturbulenz hinter dem Kopf 130 zu reduzieren. Der Rest der



vektoriellen Luft, der nicht zum Aufbrechen des Vakuums erforderlich ist, strömt entlang der äußeren Strömungsfläche 206 des Kopfes 30 weiter und in die Wolke der zerstäubten Farbe, um als formgebende Luft zum Steuern der Form der Wolke oder des Sprühmusters zu wirken, das von der Zerstäuberkannte 236 geschleudert wird. Während des Betriebes reduziert die vektorielle Luft den Durchmesser des Sprühmusters. Somit kann eine einzige Luftquelle verwendet werden, um gleichzeitig das Vakuum auf der Rückseite der Glocke zu brechen und das Sprühmuster zu bilden.

Wenn die vektorielle Luft andererseits in die zur Kopfrotation entgegengesetzte Richtung gedreht wird, wird ein höherer Grad der Turbulenz bewirkt, so daß die formgebende Luft ein mehr zerklüftetes und weniger kreisförmiges Sprühmuster bildet. Wenn die vektorielle Luft einfach zur Rückseite des Kopfes 30 ohne irgendeine Verdrehung gerichtet wird, gibt es noch mehr Turbulenz, als wenn sie in der gleichen Richtung wie die Kopfrotation gedreht wird. In diesem Fall ergibt die formgebende Luft noch kein Sprühmuster, das so glatt und kreisförmig ist, als wenn die vektorielle Luft in die Richtung der Kopfrotation gedreht wird.

#### Aufbau des Druckluftsteuerelementes

Ein wichtiges Merkmal des Druckluftsteuerelementes 21 ist sein Aufbau aus einem Halbleitervverbundmaterial, das ein kapazitätsarmes Isolatormaterial und ein elektrisch leitendes Material und ein Bindemittel enthält.

Das kapazitätsarme Isolatormaterial ist ein nichtleitendes verstärktes Material, das so ausgewählt wird, daß es die gewünschten mechanischen Eigenschaften aufweist, wie z. B. gute Schlag- und Zugfestigkeit und Maßbeständigkeit. Desweiteren schließt das kapazitätsarme Isolatormaterial die Eigenschaften der Wärme-, elektrischen, chemischen und mechanischen Beständigkeit in Bezug auf die Reaktion mit den Bestandteilen des Beschichtungsmaterials ein. Eine bevorzugte Art von verstärktem Isolatormaterial ist Glasfaser, es können jedoch auch andere organische oder synthetische Fasern verwendet werden. Der prozentuale Gesamtgewichtsanteil des Verstärkungsmaterials zu dem Gesamtgewicht der Zusammensetzung beträgt ungefähr 20 bis 40 Gewichtsprozent und vorzugsweise ungefähr 25 bis 35 Gewichtsprozent. Die Gewichtsprozent des Verstärkungsmaterials können solange verändert werden, wie das Verstärkungsmaterial seine beabsichtigte Funktion ausführt.

Das Bindemittel sollte solche Eigenschaften wie gute Wärme- und elektrische Beständigkeit und gute chemische und mechanische Beständigkeit gegen die Wirkung der Bestandteile des Beschichtungsmaterials besitzen. Ein polymeres Material, wie z. B. PEEK (Polyetheretherketon) oder PPS (Polyphenylsulfid), ist geeignet. Der prozentuale Gesamtgewichtsanteil des Bindemittels zum Gesamtgewicht der Zusammensetzung beträgt ungefähr 65 Gewichtsprozent. Die Gewichtsprozent des Bindemittels können soweit verändert werden, wie das Bindemittel seine beabsichtigte Funktion erfüllt.

Obwohl das elektrisch leitende Material vorzugsweise ein kohlenstoffhaltiges Material und insbesondere eine Kohlenstofffaser ist, können andere elektrisch leitende Materialien verwendet werden, wie z. B. Ruß oder aus einzelnen Teilchen bestehendes Graphit. Der prozentuale Gewichtsanteil der Kohlenstofffaser in dem Druckluftsteuerelement 21 wird so ausgewählt, daß ein spezifischer elektrischer Widerstand, der im wesentlichen gleich jenem des Zerstäuberkopfes 30 ist, erhalten wird. Ein geeigneter Gewichtsprozentatz der Kohlenstofffaser zum Gesamtgewicht der Zusammensetzung beträgt ungefähr 3 bis 15 Gewichtsprozent und vorzugsweise ungefähr 6 bis 12 Gewichtsprozent des Gesamtge-

wichtes der Zusammensetzung. Zusammensetzungen, die mehr als ungefähr 15 Gewichtsprozent Kohlenstofffaser enthalten, scheinen zu leitfähig zu sein, während Zusammensetzungen, die weniger als ungefähr 3 Gewichtsprozent Kohlenstofffaser enthalten, scheinen zu sehr nichtleitend zu sein.

#### Netzanschluß

Das Druckluftsteuerelement 21 transportiert elektrostatische Hochspannungsenergie vom Netzanschluß 38 in den Zerstäuberkopf 30. Der in den Fig. 17 und 18 gezeigte Netzanschluß 38 ist aus einem bogenförmigen Gehäuse 302 aufgebaut, das eine Durchgangsbohrung 304 mit einem konvergierenden Abschnitt 306 besitzt, der einen zylindrischen Abschnitt 308 begrenzt. Der Netzanschluß 38 hat eine elektrische Schaltung 309, die sich um das gebogene Gehäuse 302 wickelt. Die elektrische Schaltung 309 umfaßt einen Schwingkreis 310, der zwischen einem Niederspannungseingang 312 und einer Transformatorschaltung 314 angeschlossen ist. Eine Vervielfacherschaltung 316, die aus einer bogenförmigen Kapazitätsdiodenkette 318 aufgebaut ist, ist an den Ausgang des Transformators 314 angeschlossen. Die Vervielfacherschaltung 316 erhöht die Spannung des dort hindurchfließenden Stromes und führt den Hochspannungsstrom in den Widerstand 164.

Während des Betriebes wird eine Spannung von ungefähr 7 Volt bis ungefähr 21 Volt von dem Niederspannungseingang 312 in den Schwingkreis 310 übertragen. Der Oszillator 310 gibt dann ein Spannungssignalsignal an die Transformatorschaltung 314, die wiederum ein erhöhtes Spannungssignal ausgibt, das von dem Windungsverhältnis des Transformators abhängt. Das erhöhte Spannungssignal ist Eingang in die Kapazitätsdiodenkette 318, in der die Spannung auf ungefähr 30.000 bis 100.000 Kilovolt hochtransformiert wird.

Obwohl der Netzanschluß 38 in einem ringförmigen Gehäuse 302 in einem Rotationszerstäuber 10 dargestellt ist, könnte der ringförmige Netzanschluß 38 auch in anderen elektrostatischen Sprühvorrichtungen für Flüssigkeit und Pulver verwendet werden. Der ringförmige Netzanschluß ist insbesondere in elektrostatischen Sprühvorrichtungen vorteilhaft, die eine kurze Länge besitzen. Das deshalb, weil im wesentlichen alle Komponenten des Netzanschlusses und insbesondere die Kapazitätsdiodenkette in einer Bogenform ausgebildet werden können, die in einer zur Längsachse der Sprühvorrichtung senkrechten Ebene liegt. Dieses ist in Fig. 17 gezeigt, in der die Vervielfacherschaltung 316 im wesentlichen ganz in einer Ebene 500 liegt, die senkrecht zu der Achse 34 ist. In vorherigen Vervielfacherkonstruktionen erstreckt sich die Kapazitätsdiodenkette axial an der Längsachse der Spritzpistole entlang, was die Spritzpistole länger macht.

Ein wichtiger Aspekt der Erfindung betrifft das Vorsehen einer Eigensicherheitsschaltung 350 (dargestellt in Fig. 21) zum Regeln der durch den elektrischen Leiter 312 (Fig. 19) dem Netzanschluß 38 als Eingangsleistung zugeführten Energie. Die Eigensicherheitsschaltung 350 ist auf einer Leiterplatte angeordnet, die außerhalb der Beschichtungskabine angeordnet ist. Der Leiter 312 läuft von der Schaltung 350, die außerhalb der Kabine ist, in die Kabine zum Netzanschluß 38 in dem Rotationszerstäuber 10. Die Schaltung 350 regelt die durch den Leiter 312 des Netzanschlusses 38 zugeführte Energie, um zu sichern, daß nicht mehr als eine maximale elektrische Energie in den elektrischen Komponenten des Zerstäubers 10 vorhanden ist. Dieses verhindert die Möglichkeit, daß von den elektrischen Komponenten in dem Zerstäuber 10 ein elektrischer Funken ausgehen



könnte, der ausreichend Energie besitzen würde, um flüchtige Farbdämpfe in der Beschichtungskabine zu entzünden.

Unter Bezugnahme auf die Schaltung der Fig. 21 stellt ein Netzspannungseingang 351 eines Schalttransistors 352 eine Spannung zur Verfügung, wie z. B. ungefähr 30 V, die für den Bereich des Farbsprühens wegen der Gefahr der Farbmischungsentzündung zu hoch ist. Der Schalttransistor 352 liefert einen Strom durch eine Leitung 353 zu dem Eingang 354 einer Eigensicherheitssperre (ISB) 356. Der durch die Leitung 353 zum Eingang 354 der Eigensicherheitssperre 356 fließende Strom wird durch einen Spannungsregler 358 und den Schalttransistor 352 geregelt, weil die Menge des Stromes, der durch den Schalttransistor 352 "hindurchgegangen ist", die Strombegrenzungen des Spannungsreglers 358 überschreitet.

Der Spannungsregler 358 hat einen Steuerspannungseingang 360 und ist durch eine Steuerleitung 362 an die Leitung 353 angeschlossen, die wiederum an den Eingang 354 der Eigensicherheitssperre 356 angeschlossen ist. Der Steuerspannungseingang 360 ist an einen elektronischen Regler für das System angeschlossen. Die Funktion des Steuerspannungseinganges 360 besteht darin, den Ausgang der ISB 356 in einem 7-21 Volt-Bereich entsprechend dem 30 Kv - 100 Kv-Ausgangs-Bereich der Netzanschluß 38 zu regeln.

Ein erster Rückführungsabschnitt 364 wird in Verbindung mit einem zweiten Rückführungsabschnitt 366 verwendet, um den Strom durch einen Meßwiderstand ( $R_s$ ) 368 in einer Leitung 370 durch die ISB 356 zu messen. Wenn der Strom durch den Widerstand 368 den vorgegebenen, durch die Widerstandswerte des ersten Rückführungsabschnittes 364 definierten Strom überschreitet, "legt" der Spannungsregler 358 den Ausgangsstrom von dem Schalttransistor 352 in die Leitung 353 "zurück". Wenn der Ausgangswert an dem Niederspannungseingang 312 der Netzanschluß 38 kurzgeschlossen ist, "legt" der Spannungsregler 358 vollständig "zurück", um den Kurzschlußausgangsstrom in der Leitung 353 auf einen sicheren Pegel zu begrenzen, wie z. B. 45 Milliampere (mA).

Der Meßwiderstand 368 funktioniert sowohl als ein Strommeßwiderstand für den Spannungsregler 358 als auch als der Hauptwiderstand der ISB 354. Der Widerstand 368 hat ein Eingangsende 398 und ein Ausgangsende 399. Das "Fold-Back"-Merkmal des Spannungsreglers 358, wodurch nicht zugelassen wird, daß der Ausgangsstrom in der Leitung 353 einen bestimmten Pegel überschreitet, wird durch die Genehmigungsbehörden nicht als unfehlbare Vorrichtung betrachtet. Der Meßwiderstand 368 ist jedoch unfehlbar. In Eigensicherheitssperren nach dem Stand der Technik liegt der Hauptwiderstand, der dem Meßwiderstand 368 entspricht, in der Größenordnung von weniger als 2 Ohm. In der vorliegenden Erfindung jedoch, in der der Hauptwiderstand 368 sowohl als Strommeßwiderstand für den Spannungsregler 358 als auch als der Hauptwiderstand der ISB 354 funktioniert, hat der  $R_s$  368 einen größeren Wert von ungefähr 30 Ohm. Um den Widerstand 368 in dem Fall zu schützen daß zu viel Strom durch die Leitung 370 zugeführt wird, ist eine Sicherung 369 vorgesehen. Z-Dioden 400, 402, die an dem Ausgangsende 399 des Meßwiderstandes 368 parallel an Erde gelegt sind, begrenzen durch ihre entsprechenden Werte den Maximalbetrag der Spannung, die an dem Ausgang 450 der ISB 356 vorhanden sein kann. Der zweite Rückführungsabschnitt 366 ist vorzugsweise in der ISB 356 gelegen und hat den zweifachen Zweck des Messens der Spannung an dem Ausgangsende 399 des Meßwiderstandes 368 und Begrenzen des Stromes der in den Spannungsregler 358 oder von dem Spannungsregler 358 zum Ausgang 450 der ISB 356 zurückgeführt werden kann.

Ein dritter Rückführungsabschnitt 380 ist eine Spannungsprüfungsrückführung. Der dritte Rückführungsabschnitt 380 ist skaliert, so daß 1 bis 5 Volt an dem Steuereingang 360 7 bis 21 Volt an dem Ausgangsfilter 372 liefern.

Wenn z. B. an dem Steuereingang 360 zum Komparator 408 des Reglers 358 1 Volt vorhanden ist, sollte bei 312 die Ausgangsspannung 7 Volt betragen. Eine Leitung 404 wird diese Ausgangsspannung in den skalierten Rückführungsabschnitt 380 führen, was einen skalierten Ausgangswert in der Leitung 406 zu dem Komparator 408 erzeugen wird. Der skalierte Ausgangswert sollte 1 Volt für einen 7-Volt-Eingangswert sein. Wenn der Ausgangswert 406 kleiner ist als 1 Volt, wird der Komparator 408 den Regler 358 ansteuern, um dessen Ausgangsspannung zu erhöhen und die Spannung bei 312 bis auf 7 Volt hochzutreiben.

Das Ausgangsfilter 372 verhindert das Eintreten der Hochfrequenzenergie (RF) vom Schwingkreis 310 des Netzanschlusses 38 zurück in die ISB 354.

Es folgt ein typisches Beispiel zum Regeln der dem Netzanschluß 38 mit der Eigensicherheitsschaltung 350 zugeführten Leistung. Ein Eingangswert von 1 Volt (V) in den Steuereingang 360 des Spannungsreglers 358 liefert einen proportionalen 7-V-Ausgangswert von der Eigensicherheitsschaltung 350 in den Eingang 312 des Netzanschlusses 38. Wenn an dem Eingang 360 1 V vorhanden ist, und weniger als 1 V in der Leitung 406 vorhanden ist, erhöht sich der Ausgangswert des Spannungsreglers 358, um den Ausgangswert des Schalttransistors 352 zu erhöhen, um eine Spannung an dem Eingang 354 der ISB 356 auszugeben. Dann führt der dritte Rückführungsabschnitt 380 die Spannung an dem Ausgang der ISB 356 durch die Leitung 406 zum Spannungsregler 358 zurück. Wenn die Spannungsrückführung kleiner als 7 V ist (d. h., kleiner als 1 Volt, wenn es abwärtskaliert ist), erhöht sich der Ausgangswert des Spannungsreglers 358, um die Ausgangsspannung des Schalttransistors 352 zu erhöhen, so daß eine höhere Spannung an dem Eingang 354 der ISB 356 vorhanden ist. Dann mißt der dritte Rückführungsabschnitt 380 wieder die Ausgangsspannung der ISB 356. Die Rückführungsregelaktion wiederholt sich, bis der Ausgangswert 7 V ist. Durch Anordnen der ISB 356 innerhalb des Regelkreises behält der Ausgangswert seinen geregelten Wert, obwohl noch ein Eigensicherheitsausgangswert vorgesehen wird. Vorher wurden die Eigensicherheitssperren nicht innerhalb des Rückführkreises des Spannungsreglers angeordnet. Der Vorteil, dieses zu tun, versetzt in die Lage, eine geregelte Spannung abzugeben, die in einer gefährlichen Umgebung eigensicher ist. Durch Anordnen der Eigensicherheitssperre im Rückführkreis eines Spannungsreglers ist auch die maximale Eingangsspannung, die für die Eigensicherheitssperre notwendig ist, um die gewünschte Ausgangsspannung zu erreichen, kleiner als es vorher der Fall war, als die Eigensicherheitssperre nicht in dem Rückführkreis war.

Die Verwendung des offenbarten Eigensicherheitssperrenaufbaus ist selbstverständlich nicht auf seine Anwendung in dem Netzanschluß zur Stromversorgung eines elektrostatischen Rotationszerstäubers begrenzt, sondern solche Verwendung ist nur die gegenwärtig bevorzugte Ausführungsform.

Die elektrostatische Hochspannungsenergie wird vom Netzanschluß 38 durch das Druckluftsteuerelement 21 über eine elektrische Schaltung einschließlich eines Leiters 319 und eines Widerstandes 164, die an dem Druckluftsteuerelement 21 angeordnet sind, Drähten 166a, 166b und 166c, Widerständen 168a, 168b, 168c und Elektroden 174a, 174b, 174c übertragen, wie es in den Fig. 4 und 5 gezeigt ist. Die Widerstände 168a, 168b, 168c sind mit einem Epoxidharzmaterial in einem Kanal 170 zwischen der zylindrischen



Wand 148 und der Innenfläche 172 des Ringes 22 eingebettet. Die Elektroden 174a, 174b, 174c sind elektrostatische Lade- und Feldelektroden, die von der Vorderfläche der Wand 26 des Druckluftsteuerelementes 21 hervorstehen. Die Widerstände 168a, 168b, 168c verringern die Funken-  
spannung an den Elektroden 174a, 174b bzw. 174c.

Die Ladung in den Elektroden 174a, 174b, 174c wird durch das Druckluftsteuerelement 21 geleitet, das aus einem Halbleitermaterial hergestellt ist. Die Elektroden 174a, 174b und 174c laden das Element 21 dadurch elektrisch auf. Die Ladung in dem Druckluftsteuerelement 21 springt über den Luftspalt 175 zwischen der Kreisbohrung 28 und dem Zerstäuberkopf 30 und dann in den Zerstäuberkopf 30, der an dem zweiten Ende 184 der Antriebswelle 42 befestigt ist. Der gesamte Zerstäuberkopf 30, der aus einem Verbundwerkstoff aufgebaut ist, der ein kapazitätsarmes Isolatormaterial und ein elektrisch leitendes Material von der Art, wie sie zum Aufbau des Ringes 22 verwendet wird, umfaßt, wird dann aufgeladen. In dem Kopf 30 wird das gleiche relative Verhältnis von Isolatormaterial, leitendem Material und Bindemittel verwendet, wie es in dem Steuerelement 21 verwendet wird. Wenn ein Bediener den Zerstäuberkopf 30 oder das Regelement 21 aus Versehen berühren würde, würde eine kleine elektrische Entladung (d. h., ein Funken) auftreten, aber wegen der niedrigeren Funkenspannung infolge der Widerstände 168a, 168b, 168c würde er keine Verletzung erleiden. Wenn ein Bediener einen Leiter, wie z. B. einen Metallstreifen, in die Nähe des Spaltes 175 zwischen der Mittelbohrung 28 und der hinteren Fläche des Kopfes 30 legen würde, würde darüber hinaus die elektrostatische Ladung, die ansonsten einen langen, kräftigen Funken erzeugen würde, der in den Leiter überspringt, sich in dem Halbleitersteuerelement 21 ableiten und eine schwache Entladung erzeugen und möglicherweise einen kleinen Funken, der den Bediener nicht verletzen würde.

#### Antriebswelle und Zuführungsrohr

Die Motorantriebswelle 42, die an einem ersten Ende 182 am Turbinenrad 47 angeschlossen ist, das in dem Turbinenradgehäuse 45 des Drehantriebsmechanismus 36 angeordnet ist, erstreckt sich entlang der Rotationsachse 34 nach vorne, um die gesamte Länge des Drehantriebsmechanismus 36 zu durchlaufen, so daß das gegenüberliegende zweite Ende 184 der Antriebswelle 42 durch die Mittelbohrung 28 des Zerstäubergehäuses 12 nach außen ragt. Das zweite Ende 184 der Antriebswelle 42 hat einen Gewindeabschnitt (nicht dargestellt) und ein kegeltstumpfförmiges Ende, das angepaßt ist, um den Rotationszerstäuberkopf 30 sicher zu befestigen. Die Motorantriebswelle 42 hat eine Durchgangsbohrung 186, die mit der Achse 34 fluchtet und sich über die Länge der Antriebswelle erstreckt.

Eine Vorrichtung zum Zuführen von Beschichtungsmaterial umfaßt ein abnehmbares Beschichtungsmaterialzuführungsrohr 188, das sich über die Länge der Durchgangsbohrung 186 erstreckt. Das Rohr 188 hat ein erstes Ende 190, das mit dem Inneren des Zerstäuberkopfes 30 in Verbindung steht und vorzugsweise eine abnehmbare Düse 192 trägt. Ein gegenüberliegendes zweites Ende 194 des Zuführungsrohres 188 ist an dem Ventil 49 lösbar befestigt. Wenn das Zuführungsrohr 188 in der Durchgangsbohrung 186 der Antriebswelle 42 angeordnet ist, wird es in auskragender Art und Weise frei von Berührung mit der Innenwand der Bohrung 186 getragen, wie es in dem kürzlich übertragenen US-Patent Nr. 5.100.057 ('057) von Wacker und anderen offenbart ist, das durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit hierin ausdrücklich aufgenommen ist.

#### Zerstäuberkopf

Ein Grundaspekt der Erfindung betrifft die Konstruktion des Zerstäuberkopfes oder der Zerstäuber-glocke 30, die auf das Ende der Rotationsantriebswelle 42 geschraubt ist, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Die in Fig. 6A dargestellte Zerstäuber-glocke 30 hat eine sanduhrartige Form und ist durchgehend aus dem Verbundwerkstoff aufgebaut, der kapazitätsarmes Isolatormaterial und ein elektrisch leitendes Material umfaßt, wie es oben unter Bezugnahme auf das Druckluftsteuerelement 21 beschrieben ist.

Wie in den Fig. 6A und 6B zu sehen ist, ist die Rotationszerstäuber-glocke 30 zum Zerstäuben des Beschichtungsmaterials aus einem drehbaren Glockenkörper 200 mit einer sanduhrartigen Form und einer sich dort hindurch erstreckenden Längsachse 202 aufgebaut. Die Längsachse 202 stimmt mit der Rotationsachse 34 durch den Rotationszerstäuber 10 überein, wenn die Glocke 30 auf der Rotationsantriebswelle 40 befestigt ist, so daß sie von dem Ring 22 hervorsticht. Der Glockenkörper 200 hat eine innere Strömungsfläche 204, die angepaßt ist, um den Strom des Beschichtungsmaterials durch die Glocke 30 zu leiten, und eine Außenfläche 206, die wiederum angepaßt ist, um den Strom von förmigender und vektorieller Luft wie unten beschrieben zu lenken. Der Glockenkörper 200 umfaßt einen Basisabschnitt 208, der symmetrisch um die Längsachse 202 angeordnet ist. Die Außenfläche 206 hat in der Nähe des Basisabschnittes 208 ein zylindrisches Bodenflächenteil 210 und ein konisches Körperflächenteil 212, das sich von dem Bodenflächenteil 210 nach außen abschrägt. Ein Zwischenabschnitt 214 des Glockenkörpers 200, der symmetrisch um die Längsachse 202 angeordnet ist, umfaßt eine Außenfläche, die aus einem ersten Teil 216 gebildet ist, das an dem abgeschrägten Körperflächenteil 212 angefügt ist und sich nach innen verjüngt, ein zweites Oberflächenteil 218, das nach außen abgeschrägt ist, und ein konkaves Oberflächen-zwischenteil 220, das sich zwischen den ersten und zweiten Oberflächenteilen 216 bzw. 218 erstreckt. Ein im wesentlichen kegeltstumpfförmiger Endabschnitt 222 ist symmetrisch um die Längsachse 202 angeordnet und hat eine Außenfläche 224, die das zweite Oberflächenteil 218 des Zwischenabschnittes 214 schneidet und mit einer abgeschrägten Kantenfläche 226 endet.

Wendet man sich nun dem Aufbau der inneren Strömungsfläche 204 des drehbaren Glockenkörpers 200 zu, ist ein Befestigungsteil 228 in dem Basisabschnitt 208 mindestens teilweise mit Gewinde versehen (nicht dargestellt) und zum Befestigen des Glockenkörpers 200 an dem freien Ende der Rotationsantriebswelle 42 angepaßt. Ein Düsenaufnahme-teil 230 in dem Zwischenabschnitt 214 grenzt an das Befestigungsteil 228 und ist angepaßt, um eine Düse 192 aufzunehmen, die sich von dem Zuführungsrohr 188, das von der Rotationswelle 42 nach außen ragt, nach außen erstreckt. Ein Verteileraufnahmeteil 231 mit einer konischen Fläche 232 ist symmetrisch um die Längsachse 202 angeordnet und an seinem inneren Ende mit kleinerem Durchmesser an dem Düsenaufnahme-teil 230 und an seinem äußeren Ende mit größerem Durchmesser an einer vorderen Strömungsfläche 234 angefügt. Die vordere Strömungsfläche 234 liegt in dem kegeltstumpfförmigen Endabschnitt 222 und endet an einer Zerstäuberlippe 236. Die vordere Strömungsfläche 234 bildet einen vorderen Hohlraum, über den geladenes Beschichtungsmaterial strömt und über die Zerstäuberlippe 236 radial nach außen geschleudert wird, um zerstäubte Tröpfchen aus Beschichtungsmaterial zu bilden, die zum Auftrag auf einem Werkstück angepaßt sind. Da die Glocke 30 halbleitend ist, wird das Beschichtungsmaterial aufgeladen, wenn es in Kontakt mit der Glocke strömt. Des-



halb wird ein zerstäubtes Muster aus aufgeladenem Beschichtungsmaterial erzeugt. Die Art und Weise, in der die Farbe durch die Glocke 30 zerstäubt wird, wird unten beschrieben. Die sanduhrartige Form der Rotationszerstäuberglocke 30 in Kombination mit der hierin beschriebenen Zuführung von vektorieller Luft reduziert die Luftanwendung und die Probleme des Rückwärtsumhüllens durch die Farbe wegen eines niedrigen, d. h., im wesentlichen Null, Differenzdruckzustandes über der Zerstäuberlippe 236 erheblich. Das ist vorteilhaft, weil es für eine verbesserte Strömungsmustersteuerung und saubere Arbeitsweise sorgt und die Tendenz zum Rückwärtsumhüllen der Farbe kleiner ist. Obwohl die verbesserte Mustersteuerung zu einer gleichmäßigeren kreisförmigen Farbwolke führt, besteht immer noch eine leichte Tendenz, daß sich die Farbe wegen des Vakuums nach hinten um die Glocke 130 hüllt. Die vektorielle Luft wirkt zusammen mit der Glocke 130, um das Vakuum aufzubrechen und das rückwärtige Umhüllen der Farbe zu verhindern und dem Farbmuster durch Reduzieren des Durchmessers der Farbwolke Form zu geben.

Die Rotationszerstäuberglocke 30 umfaßt desweiteren einen konischen Einsatz 238, wie es in den Fig. 6A, 7, 8 und 9 zu sehen ist, der von der konischen Fläche 232 des Düsenaufnahmeteils 230 beabstandet angeordnet ist, um dazwischen einen Spalt oder Strömungskanal 240 zu definieren. Der Spalt 240 bildet einen Strömungsweg für das von der Düse 192 zur vorderen Strömungsfläche 234 strömende Beschichtungsmaterial. Eine Vielzahl von Rippen 242, die sich jeweils von der konischen Fläche 244 des Einsatzes 238 nach außen erstrecken, sind voneinander beabstandet, um das durch den Spalt 240 strömende Beschichtungsmaterial in eine Vielzahl von feingeteilten, einzelnen Strömen von Beschichtungsmaterial zu teilen, die auf die vordere Strömungsfläche 234 ausgebracht werden. Jede der Rippen 242 erstreckt sich von der konischen Fläche 244 nach außen, um an die konische Fläche 232 zu stoßen, so daß der Beschichtungsmaterialstrom auf den geschlossenen Raum begrenzt ist, der zwischen der konischen Fläche 232 des konischen Einsatzes 238, der konischen Fläche 244 des Glockenkörpers 200 und benachbarten Rippen 242 gebildet wird. Die Rippen 242 sind vorzugsweise in einem Abstand von ungefähr 0,127 mm (0,005 Inch) bis ungefähr 0,508 mm (0,020 Inch) und vorzugsweise ungefähr 0,254 mm (0,010 Inch) voneinander beabstandet. Die Rippen 242 sind jeweils ungefähr 0,254 mm (0,010 Inch) bis ungefähr 1,016 mm (0,040 Inch) und vorzugsweise ungefähr 0,508 mm (0,020 Inch) breit. Die Rippen 242 erstrecken sich jeweils um einen Abstand von ungefähr 2,54 mm (0,10 Inch) bis ungefähr 7,62 mm (0,30 Inch) und vorzugsweise ungefähr 3,81 mm (0,15 Inch) von der konischen Strömungsfläche 244 nach außen. Obwohl die Rippen 242 vorzugsweise eine Endstirnfläche haben, die im wesentlichen mit einer Lippe 249 bündig ist, die die nach vorne zeigende Fläche 248 des Einsatzes 238 schneidet, liegt es auch im Bereich der Erfindung, die Rippen irgendwo entlang der konischen Fläche 244 oder alternativ entlang der konischen Fläche 232 des Düsenaufnahmeteils 230 anzuordnen.

Der Einsatz 238 ist vorzugsweise aus dem gleichen Verbundwerkstoff wie die Zerstäuberglocke 30 aufgebaut, das ein kapazitätsarmes Isolatormaterial und ein elektrisch leitendes Material enthält. Der Einsatz 238 wird deshalb durch den Kontakt mit der Glocke 30 elektrisch geladen. Dieses erhöht die Ladung auf das Beschichtungsmaterial, wenn es durch den Spalt 240 strömt. Der Einsatz 238 ist an der Glocke 30 vorzugsweise mit elektrisch leitenden Schrauben 245 in Durchgangsbohrungen 247 befestigt. Die Schrauben 245 wirken als Feldelektroden, die die Größe des elektrostatischen Feldes zwischen der Glocke 30 und dem zu strei-

chenden, geerdeten Gegenstand vergrößern.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 6A, 6B und 20 kann die Rotationszerstäuberglocke 30 außerdem eine Vielzahl von zweiten Rippen 250 umfassen, die sich von der vorderen Strömungsfläche 234 jeweils nach außen erstrecken. Die Rippen 250 sind voneinander beabstandet, um das entlang der vorderen Strömungsfläche 234 strömende Beschichtungsmaterial in eine Anzahl von einzelnen Beschichtungsmaterialströmen zu teilen, die von der Zerstäuberlippe 236 des Glockenkörpers 200 ausgetragen werden, um zerstäubte Tröpfchen des Beschichtungsmaterials zu bilden. Die Rippen 250 sind vorzugsweise in einem Abstand von ungefähr 0,127 mm (0,005 Inch) bis ungefähr 0,508 mm (0,020 Inch) und vorzugsweise ungefähr 0,254 mm (0,010 Inch) voneinander beabstandet. Die Rippen 250 sind jeweils ungefähr 0,254 mm (0,010 Inch) bis ungefähr 1,016 mm (0,040 Inch) und vorzugsweise ungefähr 0,508 mm (0,020 Inch) breit. Die Rippen 250 erstrecken sich jeweils um einen Abstand von ungefähr 2,54 mm (0,10 Inch) bis ungefähr 7,62 mm (0,30 Inch) und vorzugsweise ungefähr 3,81 mm (0,15 Inch) von der konischen Strömungsfläche 244 der inneren Strömungsfläche 204 nach außen. Die Rippen 250 haben vorzugsweise eine Endstirnfläche 251, die normalerweise bis zu ungefähr 0,254 mm (0,010 Inch) von der Zerstäuberlippe 236 beabstandet ist. Die Vorteile der neuen Konstruktion der Glocke 30 sind die beiden Sätze von Rippen, die für eine bessere Zerstäubung sorgen, weil die Fluidbeschichtung in dünne Ströme aufgebrochen wird, die über die Oberfläche 34 strömen. Diese dünnen Ströme der Beschichtung werden leichter zerstäubt.

Der Halbleitereinsatz 238 ermöglicht das leichtere Reinigen des Kopfes 30, weil er während des periodischen Reinigens leicht und schnell von dem Kopf 30 entfernt werden kann. Dann können der Kopf und der Einsatz in einem Lösungsmittel eingeweicht werden, um jegliche Farbe zu entfernen. Selbst während der Farbwechsel, wenn der Kopf durch Hindurchlaufen eines Lösungsmittels gereinigt wird, sorgt der konische Strömungskanal 240 zwischen dem konischen Einsatz 238 und der konischen Fläche 273 für einen im wesentlichen ungehinderten Strömungsweg, so daß das Lösungsmittel richtig reinigen und jegliche Farbe aus dem Kopf 30 herausspülen kann.

Um das Sprühen zu beginnen, strömt das dem Zuführungsrohr 188 von dem Ventil 49 zugeführte flüssige Beschichtungsmaterial durch die Düse 192 und in den Zerstäuberkopf 30. Das Fluidmaterial strömt dann durch den Spalt 240 und über die vordere Fläche 234 des Zerstäuberkopfes 30 gerade bevor es als Tröpfchen von der Zerstäuberlippe 104 geschleudert wird, um die Zerstäubung zu bewirken. Während des Strömens des Beschichtungsmaterials über die Oberflächen des Kopfes 30 wird dem Beschichtungsmaterial eine elektrostatische Ladung verliehen, da der Kopf 30 elektrisch geladen ist.

Obwohl die oben beschriebene Ausführungsform der Erfindung ein sehr effektives Mittel des Übertragens der Ladung durch die Rotationsglocke 30 zur Verfügung stellt, ist es auch in dem Bereich der Erfindung, eine alternative Ausführungsform vorzusehen, bei der ein Einsatz 252, wie er in Fig. 10 gezeigt ist, angepaßt ist, um in dem Glockenkörper 200 in der selben Art und Weise wie der Einsatz 238, der in Fig. 6A, 7 und 8 gezeigt ist, eingebaut zu werden. Der Einsatz 252 ist aus einem Halbleitermaterial von der Art aufgebaut, das zum Aufbau des Einsatzes 238 verwendet wird, umfaßt aber außerdem eine Metallelektrode 254, die von der Mitte der Vorderfläche 256 des Einsatzes 252 nach außen ragt, um eine Feldelektrode zum Erhöhen der Stärke des Elektrodenfeldes zwischen der Glocke 30 und dem zu streichenden Gegenstand vorzusehen. Wie bei dem Einsatz 238



sind Schraubenaufnahmebohrungen 258 vorgesehen, um den Einsatz an der Glocke 30 mit elektrisch leitenden Schrauben (nicht dargestellt) zu befestigen, was die Größe des elektrostatischen Feldes wie zuvor erläutert weiter erhöht.

Obwohl die Rotationszerstäuberglocke 30 mit einem konischen Einsatz 238 gebaut werden kann, wie er in den Fig. 6A, 7, 8 und 9 zu sehen ist, liegt es auch im Bereich der Erfindung, die Glocke 30 durch eine alternative Zerstäuberglocke 260 zu ersetzen, wie sie in den Fig. 11, 12, 13, 14 und 15 gezeigt ist. Bei der Glocke 260 strömt ein Teil des Fluides durch Strömungskanäle 304, um die vordere Strömungsfläche 292 eines Verteilers 286 zu benetzen und zu sichern, daß sowohl die gesamte vordere Strömungsfläche 262 der Glocke 260 als auch die vordere Strömungsfläche 292 des Einsatzes 286 während des Farbauftrages in einem benetzten Zustand bleiben. Der Grund, warum es vorteilhaft ist, die gesamte Vorderfläche der Glocke zu benetzen, besteht darin, daß die Farbe auf der Fläche nicht trocknet und später mit einem Lösungsmittel gereinigt werden muß.

Die Rotationszerstäuberglocke 260 zum Zerstäuben von Beschichtungsmaterial umfaßt einen drehbaren Glockenkörper 261 mit einer sich durch diesen erstreckenden Längsachse 266. Der Glockenkörper 261 hat eine innere Strömungsfläche 268, um den Beschichtungsmaterialstrom durch den Glockenkörper zu lenken, und eine Außenfläche 270, um den Strom der formgebenden und vektoriellen Luft zu lenken, wie es zuvor in bezug auf die Zerstäuberglocke 30 der Fig. 6A beschrieben wurde. Wendet man sich nun dem Aufbau der inneren Strömungsfläche 268 des drehbaren Glockenkörpers 261 zu, ist ein Befestigungsteil 272 in dem Basisabschnitt 274 mindestens teilweise mit Gewinde versehen und zum Befestigen des Glockenkörpers 261 an einem Ende einer Rotationsantriebswelle 42' angepaßt. In der Beschreibung stellen mit Strich versehene Zahlen Strukturelemente dar, die im wesentlichen mit Strukturelementen identisch sind, die durch die gleiche Zahl ohne Strich dargestellt werden. Ein Düsenaufnahme teil 276, das in einem Zwischenabschnitt 278 angeordnet ist, ist an dem Befestigungsteil 272 angefügt und umschließt eine sich von dem Zuführungsrohr 188 nach außen erstreckende Düse 192. Ein Verteilerbefestigungsteil 280 hat ein erstes, mit Gewinde versehenes Verteilerteil 282, das an dem Düsenaufnahme teil 276 angefügt ist, und eine konische Fläche 281, die symmetrisch um die Längsachse 266 angeordnet ist. Die konische Fläche 281 ist an den Verteiler 282 an seinem inneren Ende mit kleinerem Durchmesser und die vordere Strömungsfläche 262 ist an seinem äußeren Ende mit größerem Durchmesser angefügt. Die vordere Strömungsfläche 262 liegt in dem kegelstumpfförmigen Endabschnitt 222 und endet an einer Zerstäuberlippe 295. Die vordere Strömungsfläche 262 bildet einen vorderen Hohlraum, über den das geladene Beschichtungsmaterial strömt und über die Zerstäuberlippe 295 radial nach außen geschleudert wird, um zerstäubte Tröpfchen des geladenen Beschichtungsmaterials zu bilden, die zum Auftrag auf einem Werkstück angepaßt sind. Die innere Strömungsfläche 268 umfaßt ein Befestigungsteil 272 in einem Basisteilendabschnitt 274. Das Befestigungsteil 272 ist mindestens teilweise mit Gewinde versehen (nicht dargestellt) und wird zum Befestigen des Glockenkörpers 261 an einem Ende einer Rotationsantriebswelle 42" verwendet. Ein Düsenaufnahme teil 276 in einem Zwischenabschnitt 278 ist an dem Befestigungsteil 272 angefügt. Das Düsenaufnahme teil 276 nimmt eine Düse 192' auf, die sich von dem Zuführungsrohr 188 nach außen erstreckt.

Eine Vielzahl von Rippen 287, die ausführlicher unten erläutert werden, ist an dem Schnittpunkt der konischen Fläche 281 und der Strömungsfläche 262 angeordnet. Die Rip-

pen 287 erstrecken sich jeweils von der konischen Fläche 281 nach innen und sind voneinander beabstandet, um das über den Schnittpunkt der Fläche 281 und Strömungsfläche 262 strömende Beschichtungsmaterial zu teilen. Die Rippen 287, die entsprechend der Geometrie der in dem US 5,078,321 beschriebenen Rippen aufgebaut sein können, das durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen ist, können auch an anderer Stelle auf der Fläche 281 oder der Fläche 291 des Einsatzes 286 vorgesehen werden. Die vordere Strömungsfläche 262 liegt in dem kegelstumpfförmigen Endabschnitt 294 des Zerstäuberkopfes 260 und endet an einer Zerstäuberlippe 295. Wie bei dem Zerstäuberkopf 30 der ersten Ausführungsform bildet die vordere Strömungsfläche 262 einen vorderen Hohlraum, über den das geladene Beschichtungsmaterial nach außen strömt und von der Zerstäuberlippe 295 radial nach außen geschleudert wird, um zerstäubte Partikel des geladenen Beschichtungsmaterials zu bilden, die zum Auftrag auf einem Werkstück angepaßt sind. Eine Vielzahl von zweiten Rippen 250', die sich jeweils von der vorderen Strömungsfläche 262 nach außen erstrecken, kann wie in bezug auf die Glocke 30 erläutert vorgesehen werden.

Wie in den Fig. 11 bis 15 gezeigt ist, ist ein Verteiler 286 in dem Verteilerbefestigungsteil 280 eingesetzt und von der konischen Fläche 281 beabstandet, um einen Spalt 302 dazwischen zu bilden. Der zylindertörmige hintere Abschnitt 284 des Verteilers 286 hat ein zylindertörmiges hinteres Teil 293 und ein mit Gewinde versehenes, zylindertörmiges vorderes Teil 294 mit einem etwas größeren Durchmesser. Der Verteiler 286 hat auch einen kegelstumpfförmigen vorderen Abschnitt 288. Der kegelstumpfförmige Abschnitt 288 hat eine erste kegelstumpfförmige Fläche 289, die das vordere Verteilerteil 294 schneidet, eine zweite kegelstumpfförmige Fläche 291, die die kegelstumpfförmige Fläche 289 schneidet, und eine Lippe 293. Der Verteiler 286 ist so in der Zerstäuberglocke 260 eingebaut, daß die Längsachse 266 der Glocke mit der Längsachse 290 durch den Verteiler 286 übereinstimmt. Der Verteiler 286 ist so in die Glocke 260 eingebaut, daß das zylindertörmige hintere Teil 284 in das erste mit Gewinde versehene Verteilerteil 282 eingeschraubt ist, und der kegelstumpfförmige vordere Abschnitt 296 ist in dem konusförmigen Teil 281 angeordnet, um einen schmalen Spalt 302 dazwischen zu bilden, der einen Strömungsweg für von der Düse 192' zur vorderen Strömungsfläche 262 des Zerstäuberkopfes 260 strömendes Beschichtungsmaterial bildet. Der Beschichtungsmaterialstrom wird durch die schmalen Rippen 287 in eine Vielzahl von Strömungsmustern aufgeteilt.

Der Verteiler 286 ist in dem konusförmigen Glockenbefestigungsteil 280 durch Einsetzen des hinteren Abschnittes 284 in das Verteilerbefestigungsteil 280 von der Seite der vorderen Strömungsfläche 262 eingebaut. Dann wird ein Sechskantsteckschlüssel in einen sechseckigen Eintrittsabschnitt 299 des Verteilers 286 eingesetzt und der letztere wird entgegen der Uhrzeigerrichtung gedreht, um das vordere Teil 294 in das mit Gewinde versehene Verteilerteil 282 einzuschrauben. Das Gewinde ist linksgängig, so daß es nicht zum Lösen des Verteilers 286 führt, wenn der Kopf 260 in die Uhrzeigerrichtung dreht. Das Merkmal, den Verteiler 286 leicht und schnell in den Glockenkörper 261 einsetzen und entfernen zu können, ist während des periodischen Reinigens des Kopfes 260 vorteilhaft.

Der Verteiler 286 umfaßt desweiteren eine Einlaßbohrung 298, die angepaßt ist, um das Auslaßende der Düse 192' aufzunehmen. Einer oder mehrere Beschichtungsmaterialkanäle 300A, 300B, 300C, 300D (300A-300D) sind diametral über dem Verteiler 286 zwischen dem Schnittpunkt des zylindertörmigen hinteren Abschnittes 284 und dem kegel-



stumpfförmigen vorderen Teil 296 angeordnet. Die Kanäle 300A-300D sind vorgesehen, um Beschichtungsmaterial von der Einlaßbohrung 298 zu dem Spalt 302 zwischen dem konusförmigen vorderen Abschnitt 296 und dem konusförmigen Teil 281 zu führen. Das Beschichtungsmaterial wird in Ströme geteilt, wenn es über die Rippen 287 und auf die vordere Strömungsfläche 262 strömt, von der es von der Zerstäuberlippe 295 wie zuvor beschrieben geschleudert wird.

Der Verteiler 286 umfaßt auch einen Aufbau, um zu sichern, daß seine vordere Stirnfläche 292 während des Betriebes benetzt bleibt, so daß der Glockeneinsatz leicht gereinigt werden kann. Wäre die vordere Stirnfläche 292 nicht benetzt, würde die Farbe trocknen, und das Reinigen würde ein schwieriger, zeitaufwendiger Prozeß werden. Eine Vielzahl von Benetzungskanälen 304 durch den Verteiler 286 richten Ströme des flüssigen Beschichtungsmaterials von der Einlaßbohrung 298 zu der vorderen Strömungsfläche 292 des Verteilers 286, um die vordere Strömungsfläche 292 während des Betriebes der Rotationszerstäuberglocke 260 benetzt zu halten.

Der Verteiler 286 nimmt auch eine Prallplatte 306 auf, die an der vorderen Strömungsfläche 292 beabstandet zu dieser befestigt ist, und gegenüberliegende Benetzungskanäle 304, wobei das durch die Benetzungskanäle 304 strömende Beschichtungsmaterial auf der Prallplatte 306 auftrifft und sich entlang der vorderen Strömungsfläche 292 ausbreitet. Die Prallplatte 306 hat einen Stift 307, der reibschlüssig in einer geschlossenen Bohrung 309 befestigt ist. Die reibschlüssige Befestigung wird durch eine leichte Preßpassung zwischen dem Kunststoffmaterial der Prallplatte 306 und dem Verteiler 286 erreicht. Die Prallplatte 306 kann während des Stillstandes oder Farbwechsels durch einfaches Herausziehen aus der Bohrung 309 leicht entfernt und gereinigt werden.

Während des Betriebes des Zerstäuberkopfes 260 wird der Hauptteil des Beschichtungsmaterialstromes infolge der Zentrifugalkraft durch die Kanäle 300A-300D und in den Spalt 302 gedrückt. Der Beschichtungsmaterialstrom fließt durch den Spalt 302 und auf die vordere Strömungsfläche 262. Dann fließt das Beschichtungsmaterial über die Strömungsfläche 262, genau bevor es von der Zerstäuberkante 295 geschleudert wird, um die Zerstäubung zu bewirken. Zur gleichen Zeit strömt der Rest des Beschichtungsmaterials, der von der Einlaßbohrung 298 strömt, durch die Benetzungskanäle 304 und wird durch die Prallplatte 306 zurück auf die vordere Strömungsfläche 292 abgelenkt, um die letztere Strömungsfläche während des Betriebes benetzt zu halten. Nach dem Überströmen der Fläche 292 verschmilzt das Beschichtungsmaterial mit dem Beschichtungsmaterialstrom durch den Spalt 302. Während des Kontaktes des Beschichtungsmaterials mit den Flächen des Zerstäuberkopfes 260 wird dem Beschichtungsmaterial eine elektrostatische Ladung erteilt, da der Kopf 260 geladen ist.

#### Modifizierter Rotationszerstäuber

Bezugnehmend auf Fig. 22 ist ein elektrostatischer, eine Flüssigkeit sprühender Rotationszerstäuber 700 dargestellt, der der Konstruktion des Zerstäubers 10 sehr ähnlich ist, jedoch gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der Erfindung bestimmte Modifikationen aufweist. Der Rotationszerstäuber 700 umfaßt ein Zerstäubergehäuse 702, das einen vorderen Abschnitt 704, einen Zwischenabschnitt 706 und einen hinteren Abschnitt 708 besitzt, die zusammen eine Innenkammer 710 begrenzen.

Ein Druckluftsteuerelement 712, das einen Ring 714 enthält, wie er im Detail in Fig. 22 gezeigt ist, ist lösbar an dem vorderen Abschnitt 704 befestigt. Der Ring 714 hat eine

vordere Wand 716, die mit einer Kreisbohrung 718 versehen ist, die mit einer Längsrotationsachse 722 zur Deckung kommt, die sich durch das Zerstäubergehäuse 700 erstreckt.

Ein interner Netzanschluß 38', der in der Innenkammer 710 angeordnet ist, erzeugt elektrostatische Hochspannungsenergie im Bereich von ungefähr 30.000 Volt Gleichspannung bis ungefähr 100.000 Volt Gleichspannung. Der Netzanschluß 38' ist durch eine elektrische Spannungsübertragungsstruktur 39' an das Druckluftsteuerelement 712 elektrisch angeschlossen, wie es zuvor beschrieben und hierin schematisch dargestellt ist.

Der in der Innenkammer 710 des Rotationszerstäubers 700 angeordnete Drehantriebsmechanismus 36' ist vorzugsweise ein durch Luft angetriebener Turbinenmotor 44' der interne Luftlager (nicht gezeigt), einen Antriebslufteinlaß (nicht gezeigt) und einen Bremslufteinlaß (nicht gezeigt) zum Steuern der Umdrehungsgeschwindigkeit eines Turbinenrades 47' umfaßt, wobei alle Komponenten im Stand der Technik allgemein bekannt sind. Der Turbinenmotor 44' umfaßt eine Rotationsantriebswelle 42', die sich durch das Turbinengehäuse 40' erstreckt und darin drehbar gelagert ist. Die Rotationsantriebswelle 42' erstreckt sich durch die Kreisbohrung 718 des Ringes 714 und hat an einem Ende befestigt eine Zerstäuberglocke oder einen Zerstäuberkopf 724. Die Antriebswelle 42' erstreckt sich an dem gegenüberliegenden Ende in ein Turbinenantriebsradgehäuse 45' und ist mit dem Turbinenrad 47' verbunden.

Ein feststehendes Flüssigkeitsströmungsrohr 46' erstreckt sich vollständig durch den Drehantriebsmechanismus 36' und steht an einem Ende in Fluidverbindung mit einem druckluftbetriebenen Ventil 49' und an dem gegenüberliegenden Ende mit dem Zerstäuberkopf 724, um eine flüssige Beschichtung vom Ventil 49' zum Zerstäuberkopf 724 zu übertragen.

Bezugnehmend auf den Luftturbinenmotor 44' ist eine Druckluftquelle für Turbinenantriebsluft durch einen Kanal (nicht gezeigt) durch eine Verteilerplatte 68' und eine Ventilplatte 60' hindurch mit dem Turbinenradgehäuse 45' verbunden, um das Luftturbinenantriebsrad 47' gemäß der konventionellen Praxis zu drehen. Daß heißt, der Strom der Turbinenantriebsluft wird auf den Außendurchmesser des Antriebsrades 47' gerichtet, um das Rad um die sich durch den Rotationszerstäuber 700 erstreckende Längsachse 722 zu drehen. Eine Bremsluftquelle ist ebenfalls durch einen Kanal (nicht gezeigt) durch die Verteilerplatte 68' und die Ventilplatte 60' hindurch mit dem Turbinenradgehäuse 45' verbunden, um an aufrechtstehenden Bremsschaufeltaschen (nicht gezeigt) anzugreifen, die von der Seitenfläche des Turbinenrades 47' hervorstehen.

Das in Fig. 22 gezeigte Zerstäubergehäuse 700 umfaßt eine äußere Ummantelung 70' mit einem hinteren Endabschnitt 72' mit einem größeren Durchmesser, der die Verteilerstückplatte 68', die Ventilplatte 60' und die Verbindungsplatte 48' umgibt. Die Außenummantelung 70' umfaßt auch einen sich verjüngenden vorderen Endabschnitt 76', der ein zylindrisches hinteres Endteil 78' besitzt, das in dem offenen vorderen Ende 80' des hinteren Endabschnittes 72' der äußeren Ummantelung 70' aufgenommen ist. Wie in Fig. 22 gezeigt ist, stellt ein Luftspalt 84', der durch den Zwischenraum zwischen dem vorderen Ende 80' des hinteren Endabschnittes 72' mit dem großen Durchmesser und dem zylindrischen hinteren Endabschnitt 78' des vorderen Endabschnittes 76' mit dem kleineren Durchmesser ausgebildet ist, einen Abluftweg für die von dem Turbinenradgehäuse 45' ausgestoßene Luft zur Verfügung, wie es unten ausführlicher erläutert wird.



Die hohle Motorantriebswelle 42', die an einem ersten Ende 182' mit dem Turbinenrad 47' verbunden ist, das in dem Turbinenradgehäuse 45' des Drehantriebsmechanismus 36' angeordnet ist, erstreckt sich vorwärts entlang der Rotationsachse 722, um die gesamte Länge des Drehantriebsmechanismus 36' zu durchlaufen, so daß das gegenüberliegende zweite Ende 184' der Antriebswelle 42' durch die Kreisbohrung 718 des Zerstäubergehäuses 702 nach außen ragt. Das zweite Ende 184' der Antriebswelle 42' hat einen Gewindeabschnitt (nicht gezeigt) und ein kegelförmiges Ende, das angepaßt ist, um den Rotationszerstäuberkopf 724 sicher zu befestigen. Die Motorantriebswelle 42' hat eine Durchgangsbohrung 186', die mit der Rotationsachse 722 fluchtet und sich über die Länge der Antriebswelle erstreckt.

Eine Vorrichtung zum Zuführen von Beschichtungsmaterial umfaßt ein abnehmbares Beschichtungsmaterialzuführungsrohr 46', das sich über die Länge der Durchgangsbohrung 186' erstreckt. Das Rohr 46' hat ein erstes Ende 190', das mit dem Inneren des Zerstäuberkopfes 724 in Verbindung steht und vorzugsweise eine abnehmbare Düse 192' trägt. Ein gegenüberliegendes zweites Ende 194' des Zuführungsrohres 46' ist an dem Ventil 49' lösbar befestigt, wie es allgemein in Fig. 22 gezeigt ist. Wenn das Zuführungsrohr 46' in der Durchgangsbohrung 186' der Antriebswelle 42' angeordnet ist, wird es in auskragender Art und Weise frei von Berührung mit der Innenwand der Bohrung 186' getragen, wie es in dem Patent 5.100.057 offenbart ist, um den zylinderförmigen Luftkanal 730 zu bilden.

#### Abluft

Ein Entlüftungskanal 134' ist an einem Ende mit dem Inneren des Turbinenradgehäuses 45' verbunden und hat an den gegenüberliegenden Enden einen Drosseleinsatz 726. Obwohl ein einzelner Abluftkanal 134' dargestellt ist, liegt es im Bereich der Erfindung, wenn es gewünscht wird, mehrere beabstandete Abluftkanäle vorzusehen, die jeweils einen Drosseleinsatz 726 enthalten. Der Drosseleinsatz 726 hat eine mittige, sich dort hindurch erstreckende Durchgangsbohrung 728. Ein Teil der Abluft der Turbinen- und Bremsluft vom Turbinenradgehäuse 45' wird durch den Kanal 134' und den Drosseleinsatz 726 und in den umschlossenen Raum 20' geführt. Dieser Teil der Abluft strömt weiter durch den Spalt 84' zwischen dem Endabschnitt 72' mit dem großen Durchmesser und dem Endabschnitt 76' mit dem kleineren Durchmesser der äußeren Ummantelung 70' und strömt dann nach vorne über die Außenfläche der Ummantelung, wie es allgemein durch die Pfeile in Fig. 22 gezeigt ist. Dieser Strom eines Teiles der Abluft ist wirksam, um das rückwärtige Umhüllen der Außenfläche des vorderen Abschnittes 76' des Gehäuses 702 oder der Außenfläche des Druckluftsteuerelementes 714 durch die gesprühte Farbe und das Anhaften derselben an diesen zu verhindern.

Der Teil der Abluft der Turbinen- und Bremsluft vom Turbinenradgehäuse 45', der nicht durch 84' geführt wird, wird durch den Kanal 725 des Turbinenrades 47' geführt, wie es in Fig. 22 zu sehen ist, und in den Luftkanal 730. Der Luftstrom tritt in den Kanal 727 im Zerstäuberkopf 724 ein und ist wirksam, um sich mit dem Strom des flüssigen Beschichtungsmaterials in dem Zerstäuberkopf zu vermischen, um die Dispersion des flüssigen Beschichtungsmaterials aus dem Zerstäuberkopf zu verbessern und den Kopf sauberer zu halten. Außerdem erhöht der Luftstrom durch den Zerstäuberkopf 724 die Strömungsgeschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit, die durch den Kopf gedrückt wer-

den kann, was die Ausschaltzeit zum Reinigen des Rotationszerstäubers verringert. Ein anderer wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, daß der Strom der Abluft durch den Luftkanal 730 eine Luftperrre erzeugt, die verhindert, daß das durch den Zerstäuberkopf ausgegebene flüssige Beschichtungsmaterial zurück in den zylinderförmigen Luftkanal 730 sickert und dann in die Rotationszerstäubervorrichtung wandert und vorzeitigen mechanischen Ausfall verursacht, wie zum Beispiel zugesetzte Lager. Während die Abluft der Turbinen- und Bremsluft aus dem Turbinenradgehäuse 45' wirksam ist, um die Vorteile der vorliegenden Erfindung zu erreichen, liegt es auch im Bereich der Erfindung, eine separate Luftquelle für die Förderung durch den Zerstäuberkopf 724 vorzusehen.

Obwohl es in Zerstäubern nach dem Stand der Technik bereits den Luftkanal 730 gegeben hat, wurde die Turbinenabluft wegen des Vorhandenseins der Abluftöffnung 134', die für die Luft einen relativ unbegrenzten Weg zum Ausströmen aus dem Gehäuse bildete, nicht zum Hinunterströmen des Kanals 730 gezwungen. Der zuvor beschriebene Drosseleinsatz 726 zwingt die Luft durch den Kanal 730 und durch den Zerstäuberkopf 724, um die hierin beschriebenen Vorteile zu erreichen.

#### Zerstäuberkopf

Ein Aspekt der Ausführungsform der Erfindung, der die Versorgung des Zerstäuberkopfes oder der Zerstäuber-glocke 724 mit Abluft betrifft, bezieht sich auf die Befestigung des Kopfes oder der Glocke 724 an dem Ende der Rotationsantriebswelle 42', wie es in den Fig. 22 und 23 dargestellt ist. Die in den Fig. 22 und 23 dargestellte Zerstäuber-glocke 724 hat eine sanduhrförmige Gestalt und kann einheitlich aus dem Verbundwerkstoff hergestellt sein, der kapazitätsarmes Isolatormaterial und ein elektrisch leitendes Material umfaßt, wie es oben unter Bezugnahme auf das Druckluftsteuerelement 21 beschrieben ist. Alternativ kann die Glocke aus Isolatormaterialien und leitenden Materialien gebildet sein, wie es in dem früheren US-Patent B1 4,887,770 gezeigt ist, das in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist.

Wie in den Fig. 22 und 23 zu sehen ist, ist die Rotationszerstäuber-glocke 724 zum Zerstäuben des Beschichtungsmaterials aus einem drehbaren Glockenkörper 732 mit einer sanduhrartigen Form und einer sich dort hindurch erstreckenden Längsachse 734 aufgebaut, die mit der Rotationsachse 722 durch den Rotationszerstäuber 700 übereinstimmt, wenn die Glocke 732 auf der Rotationsantriebswelle 42' befestigt ist, so daß sie vom Ring 714 nach außen hervorsteht. Der Glockenkörper 732 hat eine innere Strömungsfläche 736, die angepaßt ist, um den Strom des Beschichtungsmaterials durch die Glocke 732 zu leiten, und eine Außenfläche 738, die wiederum angepaßt ist, um den Strom von formgebender und vektorieller Luft wie unten beschrieben zu lenken.

Wendet man sich nun dem Aufbau der inneren Strömungsfläche 736 des drehbaren Glockenkörpers 732 zu, so ist der Basisabschnitt 740 zur Befestigung des Glockenkörpers an dem freien Ende der Rotationsantriebswelle 42' durch konventionelle Mittel, wie zum Beispiel eine Schraubverbindung, angepaßt. Ein Düsenaufnahme-teil 742 in einem Zwischenabschnitt 744 ist angepaßt, um die Düse 192' aufzunehmen, die sich vom Zuführungsrohr 188' nach außen erstreckt, das wiederum von der Rotationswelle 42' nach außen ragt. Ein Verteileraufnahme-teil 746 mit einer konischen Fläche 748 ist symmetrisch um die Längsachse 734 angeordnet und an seinem inneren Ende mit kleinerem Durchmesser an dem Düsenaufnahme-teil 742 und an seinem



äußeren Ende mit größerem Durchmesser an einer vorderen Strömungsfläche 750 angefügt. Die vordere Strömungsfläche 750 liegt in dem kegelstumpfförmigen Endabschnitt 752 und endet an einer Zerstäuberlippe 754. Die vordere Strömungsfläche 750 bildet einen vorderen Hohlraum, über den geladenes Beschichtungsmaterial strömt und über die Zerstäuberlippe 754 radial nach außen geschleudert wird, um zerstäubte Tröpfchen aus Beschichtungsmaterial zu bilden, die zum Auftrag auf einem Werkstück angepaßt sind. Da die Glocke 724 halbleitend ist oder leitende Abschnitte besitzt, wird das Beschichtungsmaterial aufgeladen, wenn es im Kontakt mit der Glocke strömt. Deshalb wird ein Sprühmuster des aufgeladenen Beschichtungsmaterials erzeugt. Die Art und Weise, in der die Farbe durch die Glocke 724 zerstäubt wird, ist zuvor allgemein beschrieben. Die sanduhrartige Form der Rotationszerstäuberglocke 724 in Kombination mit der hierin beschriebenen Zuführung von vektorieller Luft reduziert die Luftanwendung und die Probleme des Rückwärtsumhüllens durch die Farbe wegen einer niedrigen, d. h., im wesentlichen Null, Differenzdruckbedingung über der Zerstäuberlippe 754 erheblich. Das ist vorteilhaft, weil es für eine verbesserte Strömungsmustersteuerung und saubere Arbeitsweise sorgt und die Neigung zum Rückwärtsumhüllen der Farbe geringer ist, insbesondere, wenn das System in Kombination mit der vektoriellen Luft verwendet wird, wie es zuvor beschrieben ist.

Die Rotationszerstäuberglocke 724 umfaßt außerdem einen Verteiler 760 mit einem konischen Einsatz 762, wie es in den Fig. 22 und 23 zu sehen ist, der in der inneren Strömungsfläche 736 angeordnet ist. Das Ende des konischen Einsatzes 762 ist im Auslaßende der Düse 192' angeordnet und davon beabstandet, um das Strömen des Beschichtungsmaterials in den Strömungskanal 764 zwischen der konischen Fläche 748 und dem Ende 736 des Verteilers zuzulassen, so daß das Beschichtungsmaterial gezwungen wird, über die Strömungsfläche 750 und dann über die Zerstäuberlippe 754 zu strömen. Der Verteiler 760 führt außerdem die vom Luftkanal 730 in die Kammer 727 zwischen der inneren Strömungsfläche 736 und der Düse 192' strömende Luft in den Strömungskanal 764, wo sich die Luft mit dem Beschichtungsmaterial vor dem Strömen über die Strömungsfläche 750 und dann über die Zerstäuberlippe 754 vermischt.

Beim Betrieb der elektrostatischen Sprühvorrichtung wird ein Strom des flüssigen Beschichtungsmaterials durch ein Flüssigkeitsrohr 46' geführt, das sich durch die Rotationsantriebswelle 42' erstreckt und in dieser angeordnet ist. Die Rotationsantriebswelle wird durch den Luftturbinenmotor 36' gedreht, der gleichzeitig den Zerstäuberkopf 724 dreht. Ein erster Teil der Abluft vom Luftturbinenmotor 36' wird durch den zylinderförmigen Luftkanal 730 und in den Zerstäuberkopf 724 geführt, um im Luftkanal 730 eine Luftsperrung zu erzeugen, die verhindert, daß das durch den Zerstäuberkopf ausgegebene flüssige Beschichtungsmaterial zurück in den Luftkanal 730 strömt. Der erste Teil der Luft dient auch zum Vermischen mit dem Beschichtungsmaterial im Zerstäuberkopf, um die Förderung des zerstäubten Beschichtungsmaterials zu verbessern. Ein zweiter Teil der Abluft vom Luftturbinenmotor strömt durch den Einsatz 726 vom Zerstäubergehäuse an der Außenfläche 76' des vorderen Endabschnittes 704 des Zerstäubergehäuses 702 entlang.

Es ist deutlich, daß erfindungsgemäß eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung gestellt wurden, die die zuvor dargelegten Ziele, Mittel und Vorteile erfüllt. Ein Rotationszerstäuber hat einen internen Netzanschluß in dem Zerstäubergehäuse, über den Kühlluft geführt wird. Die Luft strömt dann aus dem Zerstäubergehäuse als vektorielle Luft in einer Drallrichtung in die gleiche Rotationsrichtung wie

der Zerstäuberkopf heraus, um jeglichen Vakuumzustand um den Zerstäuberkopf herum zu eliminieren und eine Formgebungssteuerung der versprühten Beschichtung vorzusehen. Abluft von einem den Zerstäuberkopf antreibenden Luftturbinenmotor wird um die Außenfläche des Zerstäubergehäuses gerichtet, um das rückwärtige Umhüllen des Zerstäubergehäuses durch die flüssige Beschichtung und das Sammeln darauf zu verhindern. Ein Drehzahlmeßsystem ist in dem Zerstäubergehäuse aufgenommen und verwendet sowohl Magnetismus als auch Optik zum genauen Messen der Umdrehungsgeschwindigkeit des Luftturbinenmotors in der Anwesenheit hoher elektrostatischer Ladung und von Hochfrequenzfeldern vom internen Netzanschluß. Der Netzanschluß ist in dem Zerstäubergehäuse um den Turbinenmotor herum angeordnet. Der Zerstäuberkopf nimmt in einer Ausführungsform einen Einsatz auf, der den Beschichtungsmaterialstrom in eine Vielzahl einzelner Ströme teilt, um die Zerstäubung des Beschichtungsmaterials aus dem Zerstäuberkopf zu verbessern. In einer anderen Ausführungsform ist der Einsatz in dem Zerstäuberkopf angeordnet, um zu sichern, daß die vordere Strömungsfläche des Zerstäuberkopfes während des Betriebes benetzt bleibt, so daß der Zerstäuberkopf leichter zu reinigen ist. Der Netzanschluß ist ringförmig und umschließt die Turbine und den Farbströmungskanal durch die Turbine. Eine Eigensicherheitssperre ist vorgesehen, um dem Netzanschluß elektrische Leistung zuzuführen. Die Eigensicherheitssperre ist in dem Rückführkreis eines Spannungsreglers aufgenommen. In einer anderen Ausführungsform wird ein Teil der Abluft vom Luftturbinenmotor zum Zerstäuberkopf geführt, um eine Luftsperrung vorzusehen, die das Zurücksickern des Beschichtungsmaterials in die Rotationszerstäubervorrichtung und den vorzeitigen mechanischen Ausfall verhindert. Der Luftstrom wird auch mit dem Beschichtungsmaterial im Zerstäuberkopf gemischt, um die Verteilung des flüssigen Beschichtungsmaterials aus dem Verteilerkopf zu verbessern und den Kopf sauberer zu halten.

Obwohl die Erfindung in Verbindung mit Ausführungsformen derselben beschrieben wurde, ist offensichtlich, daß für den Fachmann auf dem Gebiet unter Berücksichtigung der vorhergehenden Beschreibung viele Alternativen, Modifikationen und Abwandlungen ersichtlich sind. Demzufolge soll die Erfindung alle solche Alternativen, Modifikationen und Abwandlungen, die im Wesen und im Schutzzumfang der anhängenden Ansprüche liegen, einschließen.

#### Patentansprüche

1. Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung zum Sprühen eines flüssigen Beschichtungsmaterials, umfassend:  
ein Zerstäubergehäuse, das eine Innenkammer darin begrenzt;  
eine Antriebswelle in der Innenkammer des Zerstäubergehäuses, wobei die Antriebswelle an einem ersten Ende an einem Motor in dem Zerstäubergehäuse und an einem zweiten gegenüberliegenden Ende an einem Rotationszerstäuberkopf befestigt ist;  
ein Flüssigkeitsrohr, das in der Antriebswelle angeordnet und durch einen Luftkanal von dieser beabstandet ist, wobei das Flüssigkeitsrohr zum Führen eines Stromes des flüssigen Beschichtungsmaterials zum Zerstäuberkopf dient; und  
eine Luftverbindungsstrecke in dem Zerstäubergehäuse zum Leiten von Luft vom Motor in den Luftkanal und dann in das Innere des Zerstäuberkopfes.
2. Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Motor ein Luftturbine-



nenmotor ist und die Luftverbindungsstrecke einen ersten Teil der Abluft vom Luftturbinenmotor in den Luftkanal zum Erzeugen einer Luftperrre und einen zweiten Teil der Abluft zu einer Stelle auBerhalb des Zerstäubergehäuses leitet.

3. Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung nach Anspruch 2, bei der die Luftverbindungsstrecke einen Durchflußbegrenzer umfaßt, durch den der zweite Teil der Abluft zu der Stelle auBerhalb des Zerstäubergehäuses strömt.

4. Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung nach Anspruch 3, bei der der Durchflußbegrenzer so bemessen ist, daß ungefähr 75% bis ungefähr 85% der Abluft zu der Stelle auBerhalb des Zerstäubergehäuses strömen, und der Rest in den Luftkanal strömt.

5. Verfahren zum Sprühen eines flüssigen Beschichtungsmaterialies mit einer elektrostatischen Rotationszerstäubersprühvorrichtung, umfassend die Schritte:

Leiten eines Stromes des flüssigen Beschichtungsmaterialies durch ein Flüssigkeitsrohr, das sich durch die elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung erstreckt und in einer Antriebswelle angeordnet und von dieser durch einen Luftkanal beabstandet ist;

Drehen der Antriebswelle mit einem Luftturbinenmotor, der an einem Ende zum Drehen eines Zerstäuberkopfes angeschlossen ist, der an einem zweiten Ende der Antriebswelle angeschlossen ist; und

Leiten von Abluft vom Luftturbinenmotor durch den Luftkanal und in den Zerstäuberkopf zum Vermischen mit dem durch den Zerstäuberkopf ausgehenden flüssigen Beschichtungsmaterial und zum Verhindern des Strömens des Beschichtungsmaterialies in den Luftkanal.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, das außerdem die Schritte umfaßt:

Leiten eines ersten Teiles der Abluft vom Luftturbinenmotor in den Luftkanal; und

eines zweiten Teiles der Abluft vom Luftturbinenmotor zu einer Stelle an einer Außenfläche des vorderen Endabschnittes des Zerstäubergehäuses entlang.

7. Verfahren nach Anspruch 5, das außerdem die Schritte umfaßt:

Leiten des Stromes des Beschichtungsmaterialies aus dem Flüssigkeitsrohr durch einen in dem Rotationszerstäuberkopf angeordneten Strömungsverteiler, so daß das Beschichtungsmaterial zu einer vorderen Strömungsfläche des Rotationszerstäuberkopfes strömt; und

Vermischen des Stromes der Abluft aus dem Luftkanal mit dem Beschichtungsmaterial, das durch den Strömungsverteiler zur vorderen Strömungsfläche des Rotationszerstäuberkopfes strömt, um den Strom des Beschichtungsmaterialies von der vorderen Strömungsfläche des Rotationszerstäuberkopfes zu schleudern.

8. Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung zum Sprühen eines flüssigen Beschichtungsmaterialies, umfassend:

ein Zerstäubergehäuse, das eine Innenkammer darin begrenzt;

eine Rotationsantriebswelle in der Innenkammer des Zerstäubergehäuses, wobei die Rotationsantriebswelle an einem ersten Ende an einem Motor in dem Zerstäubergehäuse und an einem zweiten gegenüberliegenden Ende an einem Rotationszerstäuberkopf befestigt ist;

ein Flüssigkeitsrohr, das zum Leiten eines Stromes des flüssigen Beschichtungsmaterialies zum Zerstäuberkopf in dem Zerstäubergehäuse angeordnet ist; und einen Luftkanal in dem Zerstäubergehäuse zum Leiten

von Luft durch das Innere des Zerstäuberkopfes.

9. Elektrostatische Rotationszerstäubersprühvorrichtung nach Anspruch 8, die außerdem einen oder mehrere Kanäle im Zerstäuberkopf umfaßt, durch die die Luft und das flüssige Beschichtungsmaterial gemeinsam strömen.

10. Verfahren zum Sprühen eines flüssigen Beschichtungsmaterialies mit einer elektrostatischen Rotationszerstäubersprühvorrichtung, umfassend die Schritte:

Leiten eines Stromes des flüssigen Beschichtungsmaterialies durch ein Zerstäubergehäuse und durch einen Zerstäuberkopf;

Drehen einer Antriebswelle mit einem an einem Ende angeschlossenen Motor, um den Zerstäuberkopf zu drehen, der an einem zweiten Ende der Antriebswelle angeschlossen ist; und

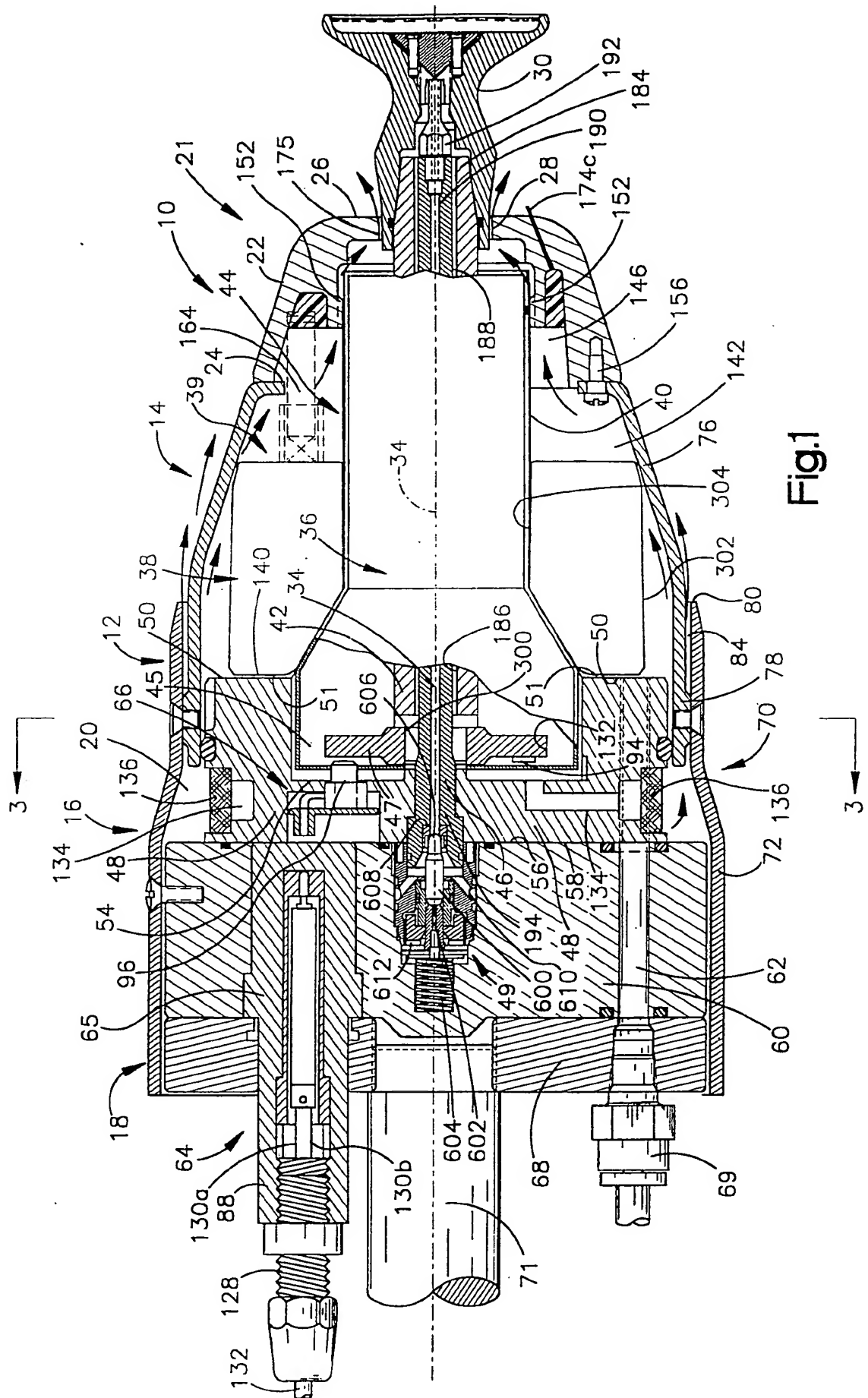
Leiten der Luft vom Zerstäubergehäuse durch den Zerstäuberkopf zum Vermischen mit dem flüssigen Beschichtungsmaterial.

---

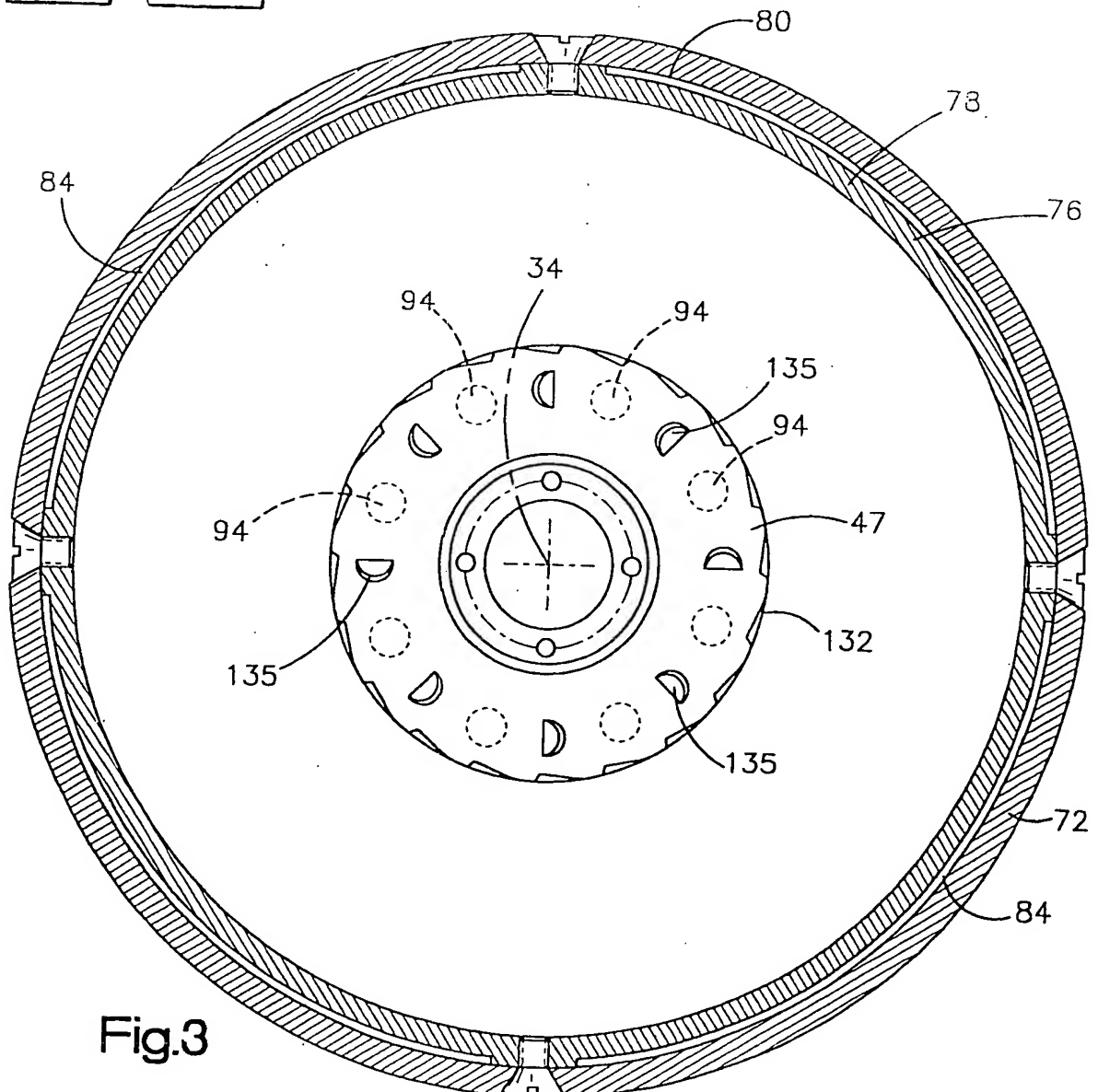
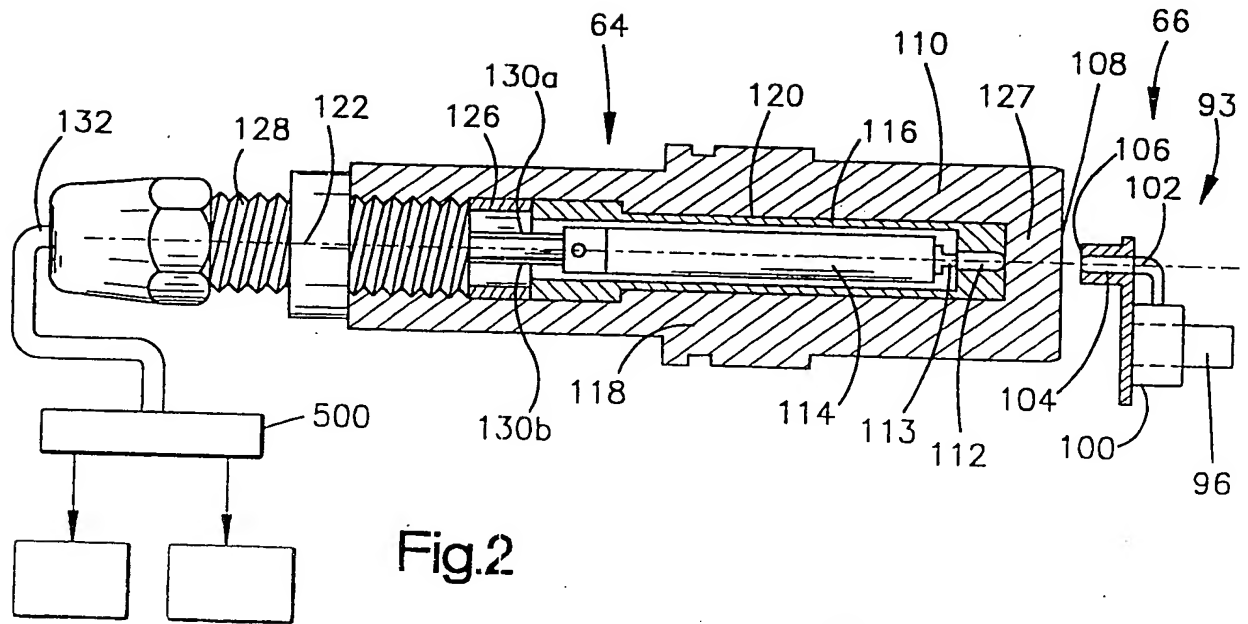
Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

---











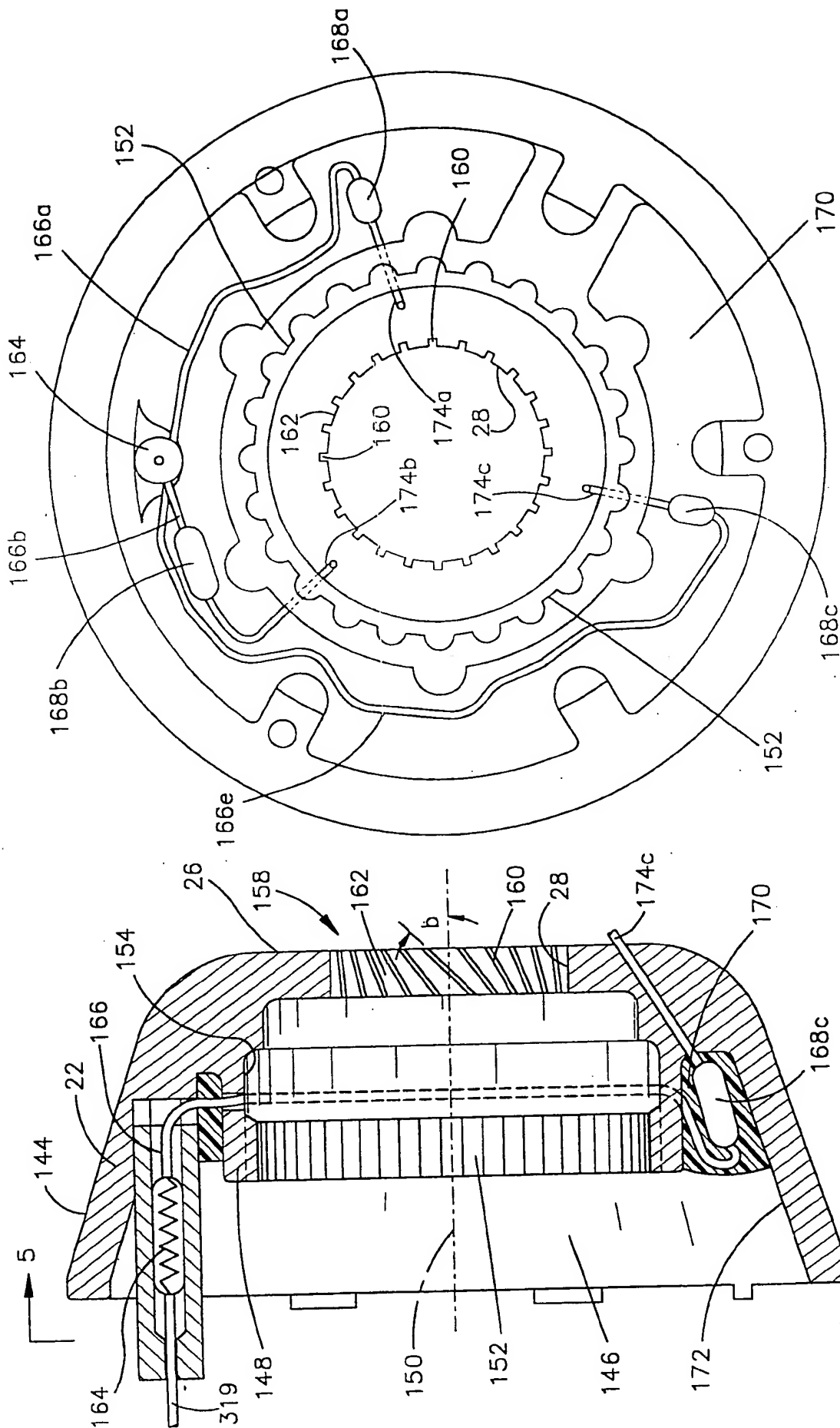
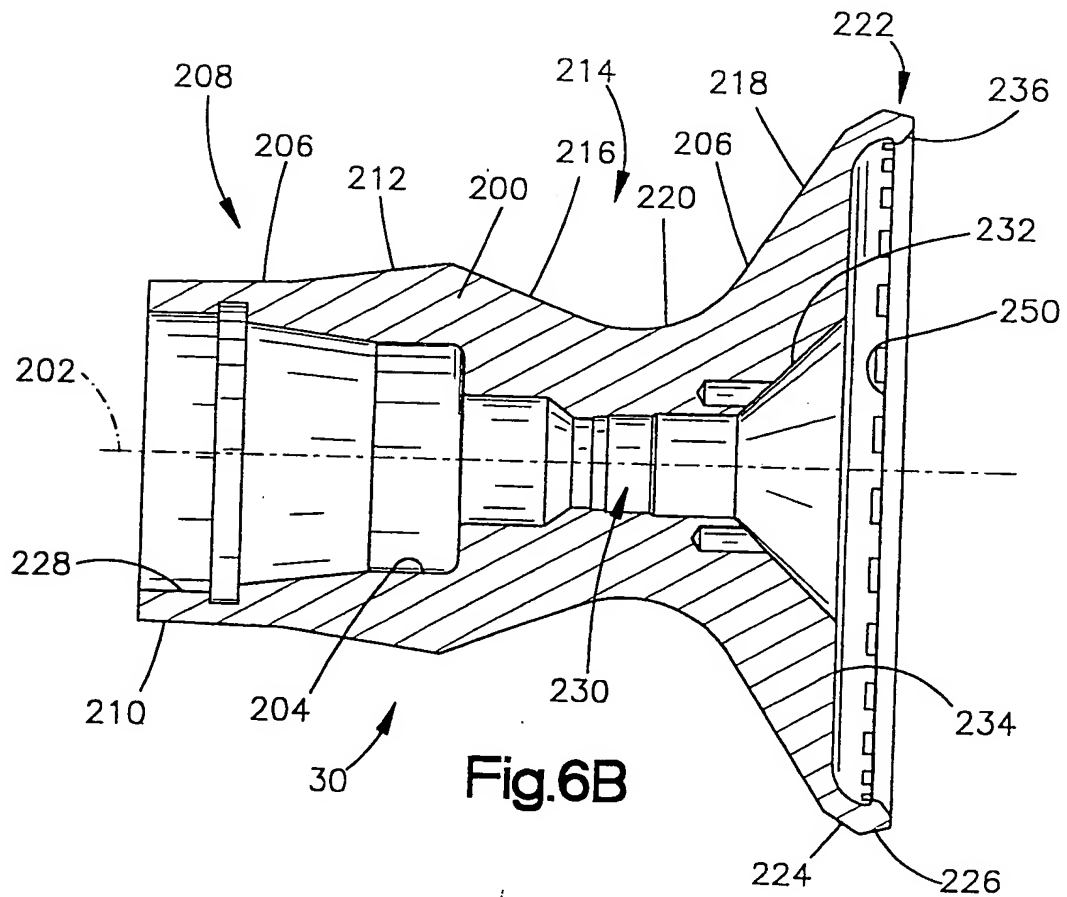
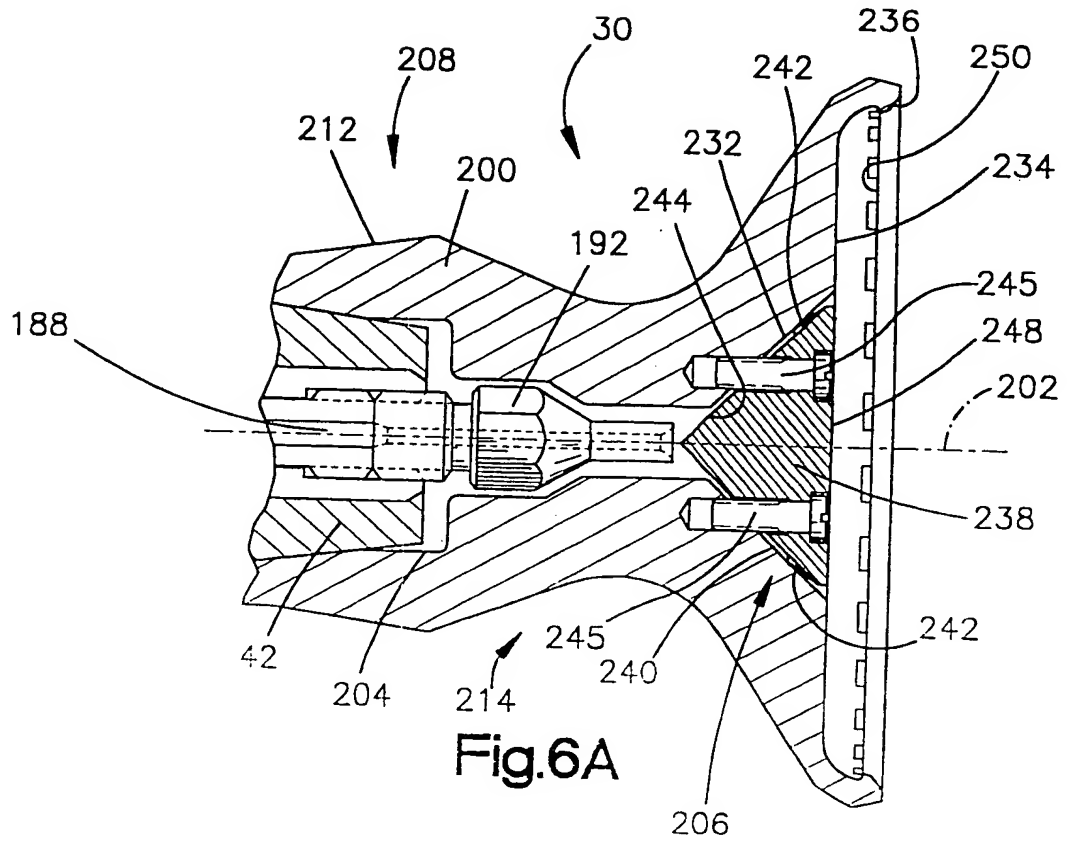


Fig.5

Fig.4







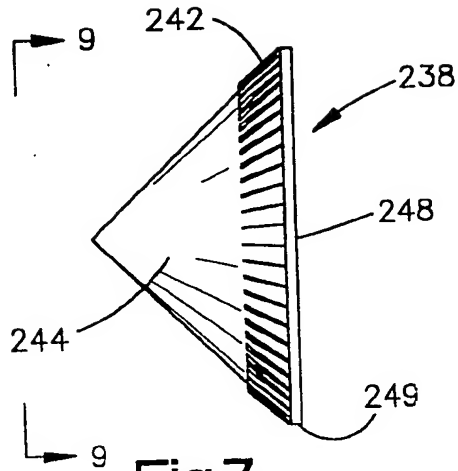


Fig. 7

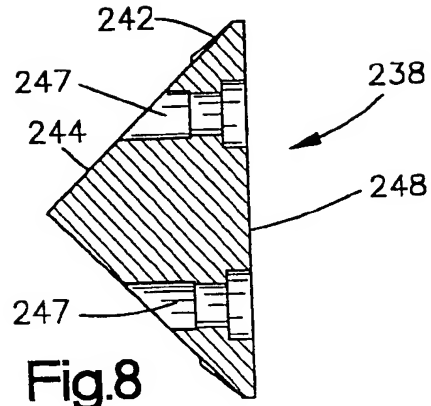


Fig. 8

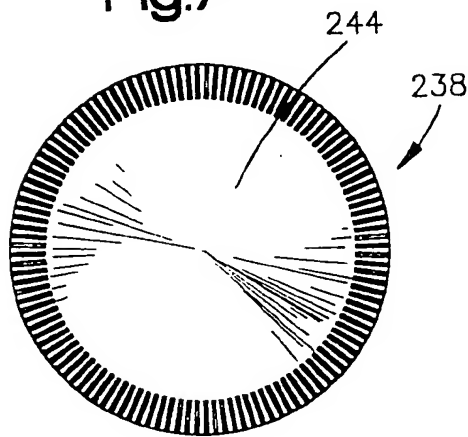


Fig. 9

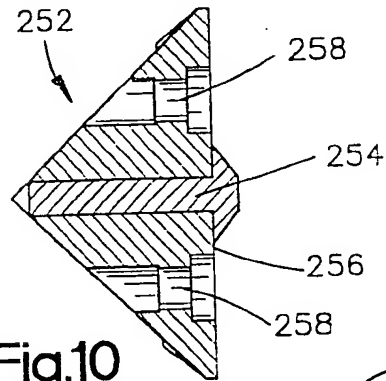


Fig. 10

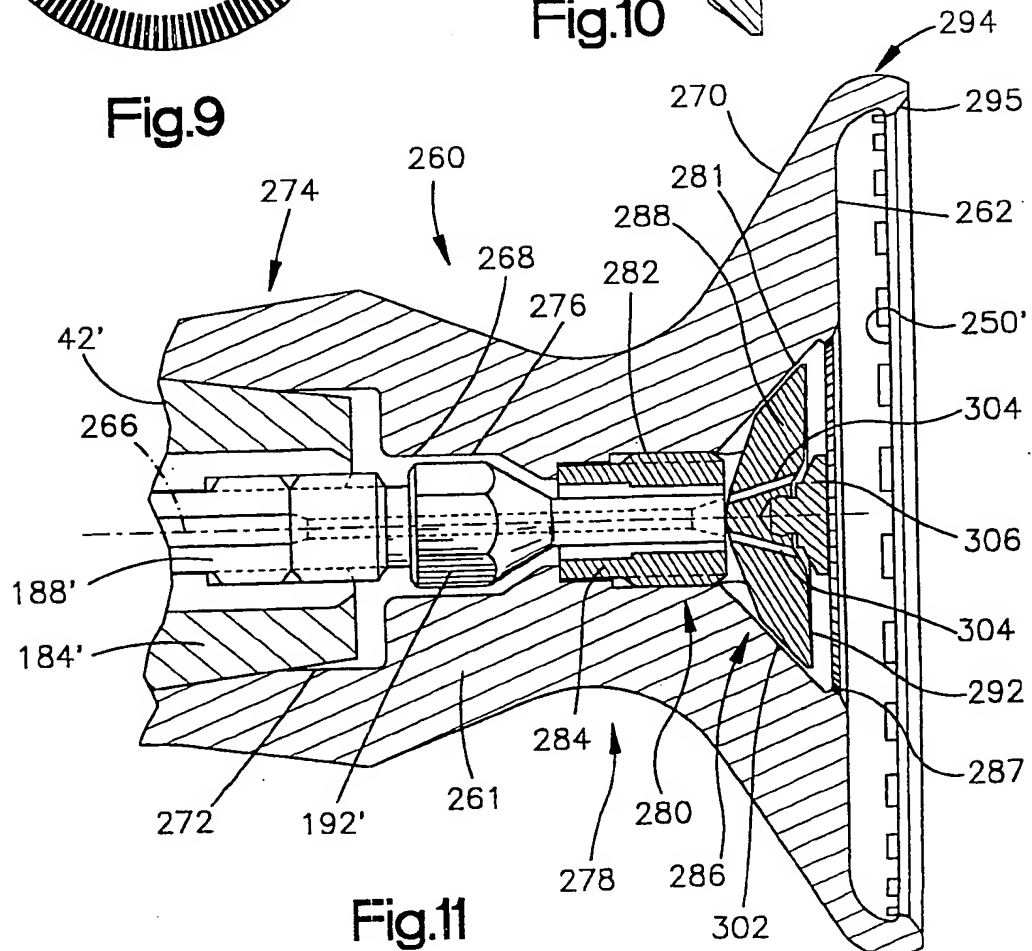
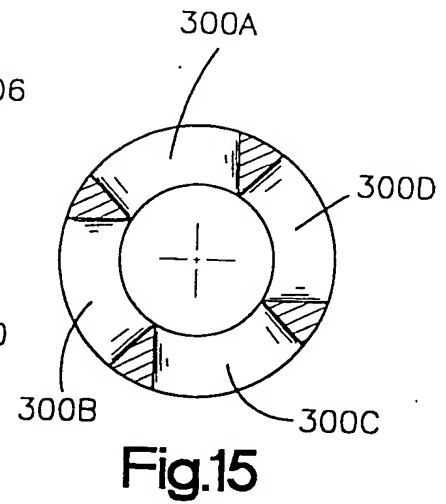
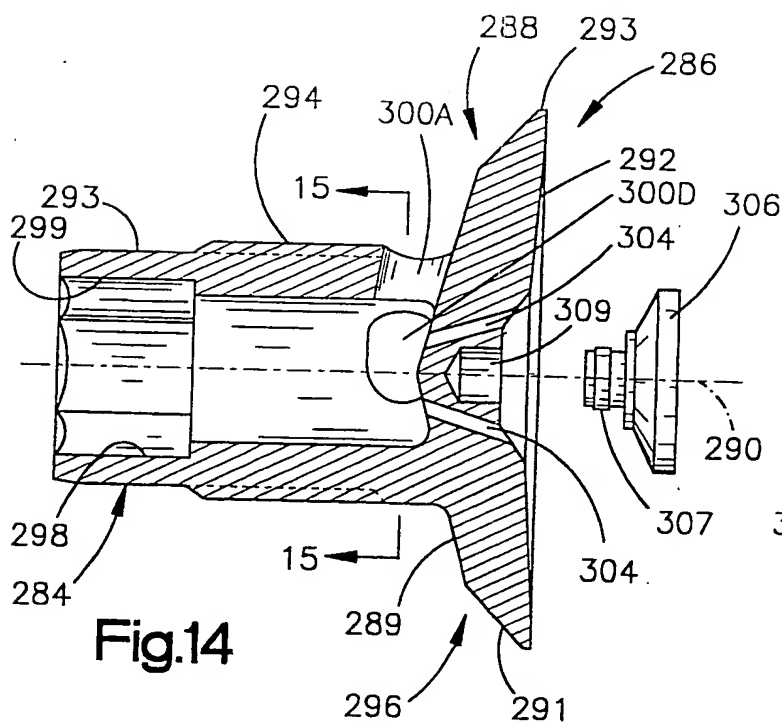
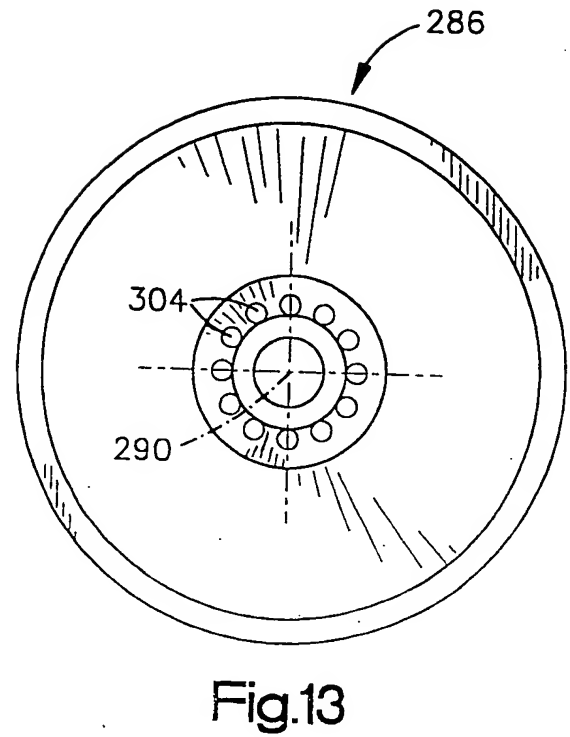
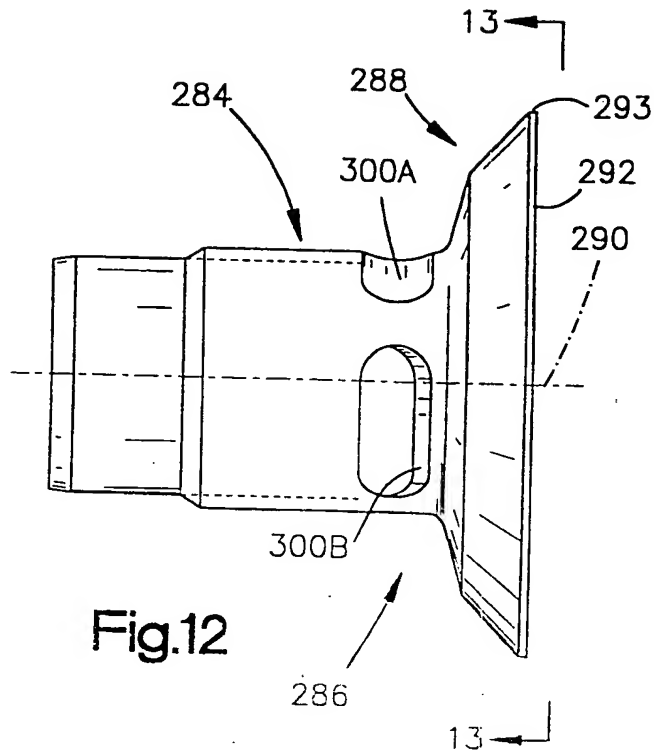
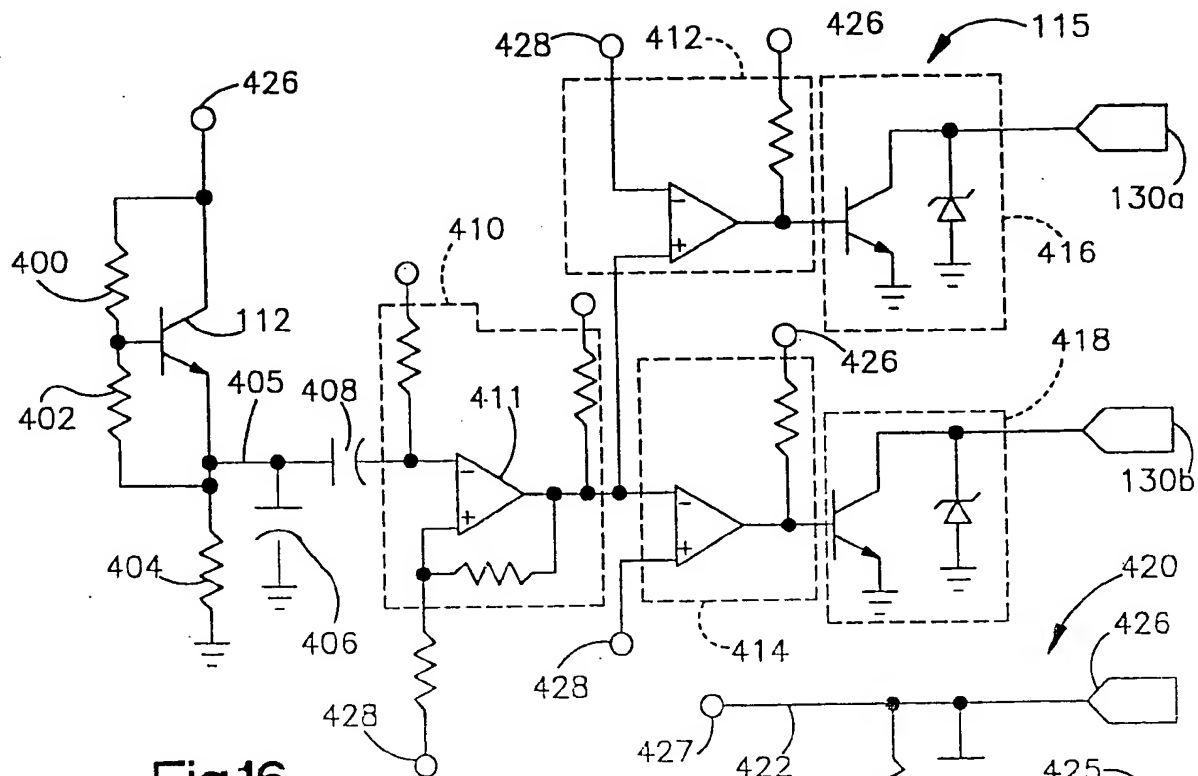


Fig. 11

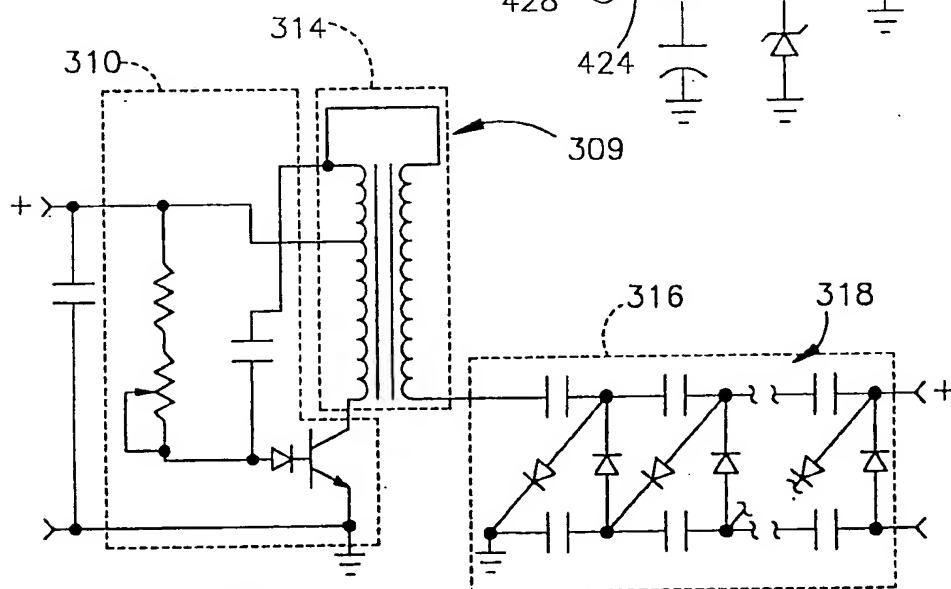






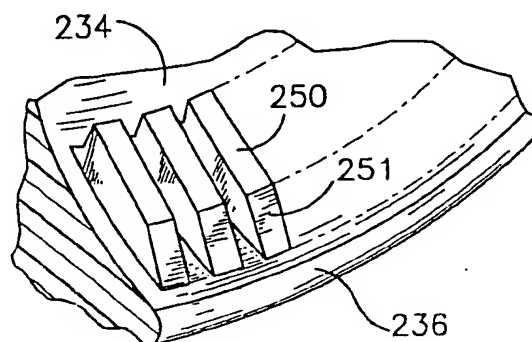


**Fig.16**



**Fig.19**

**Fig.20**





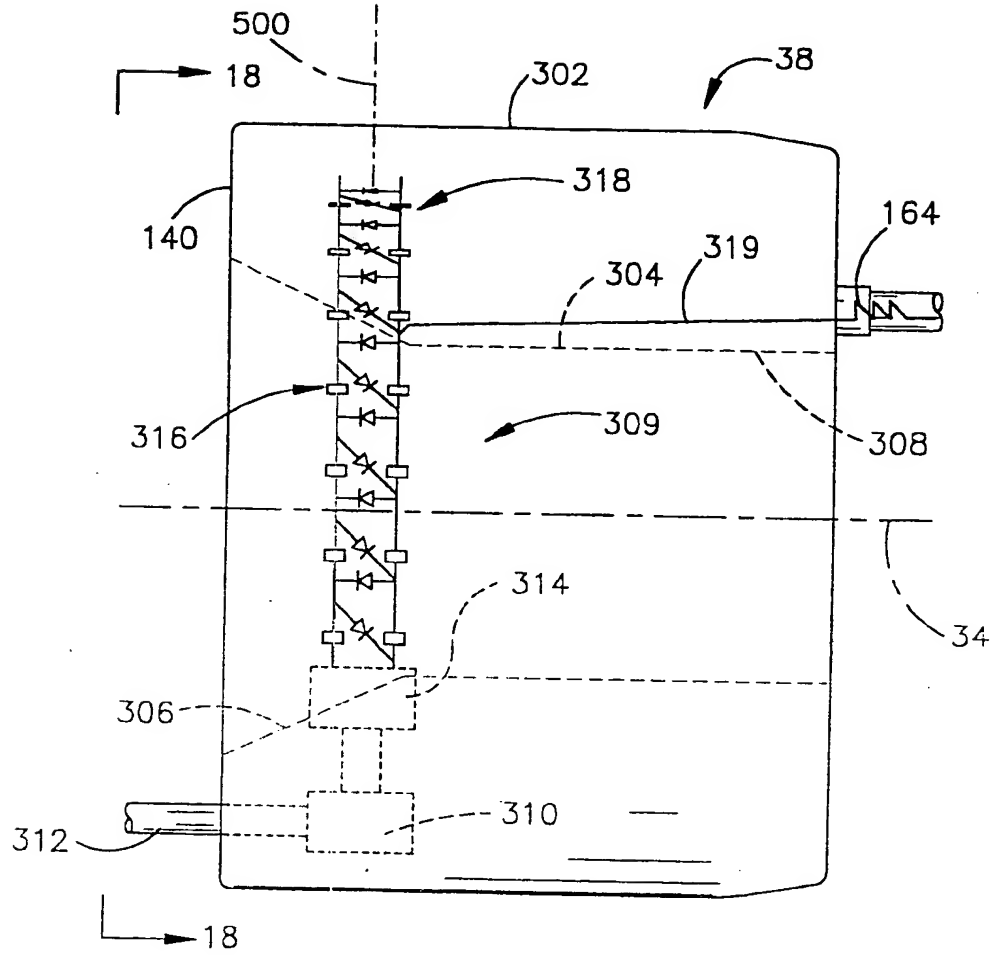


Fig.17

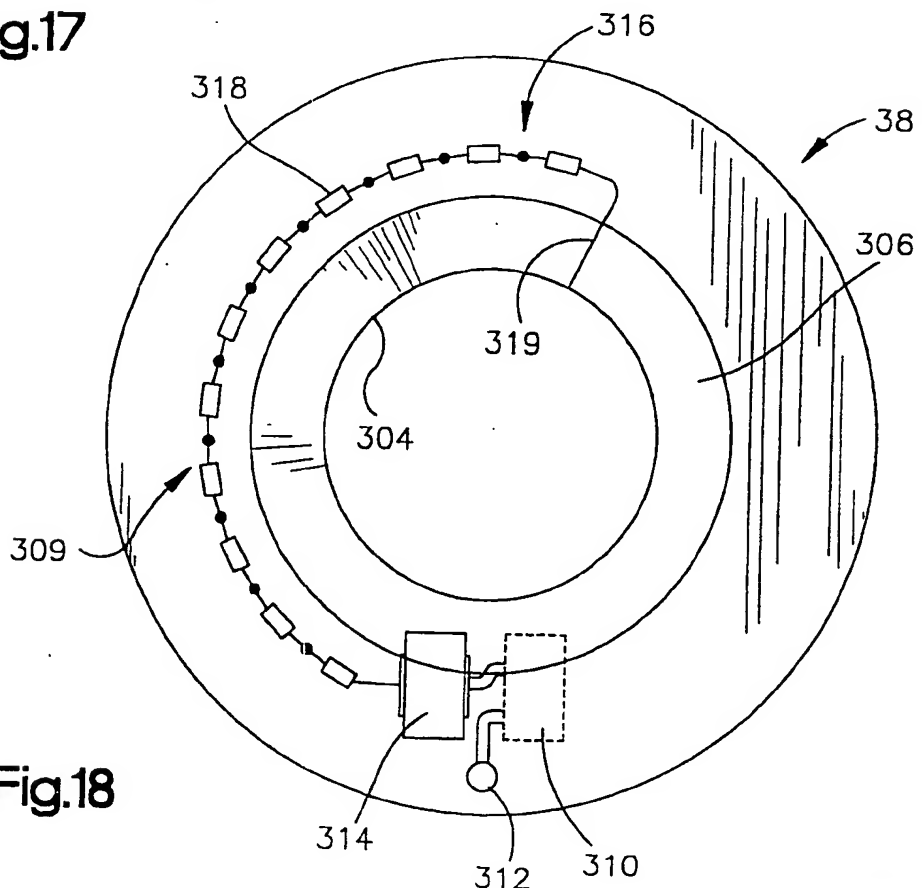


Fig.18



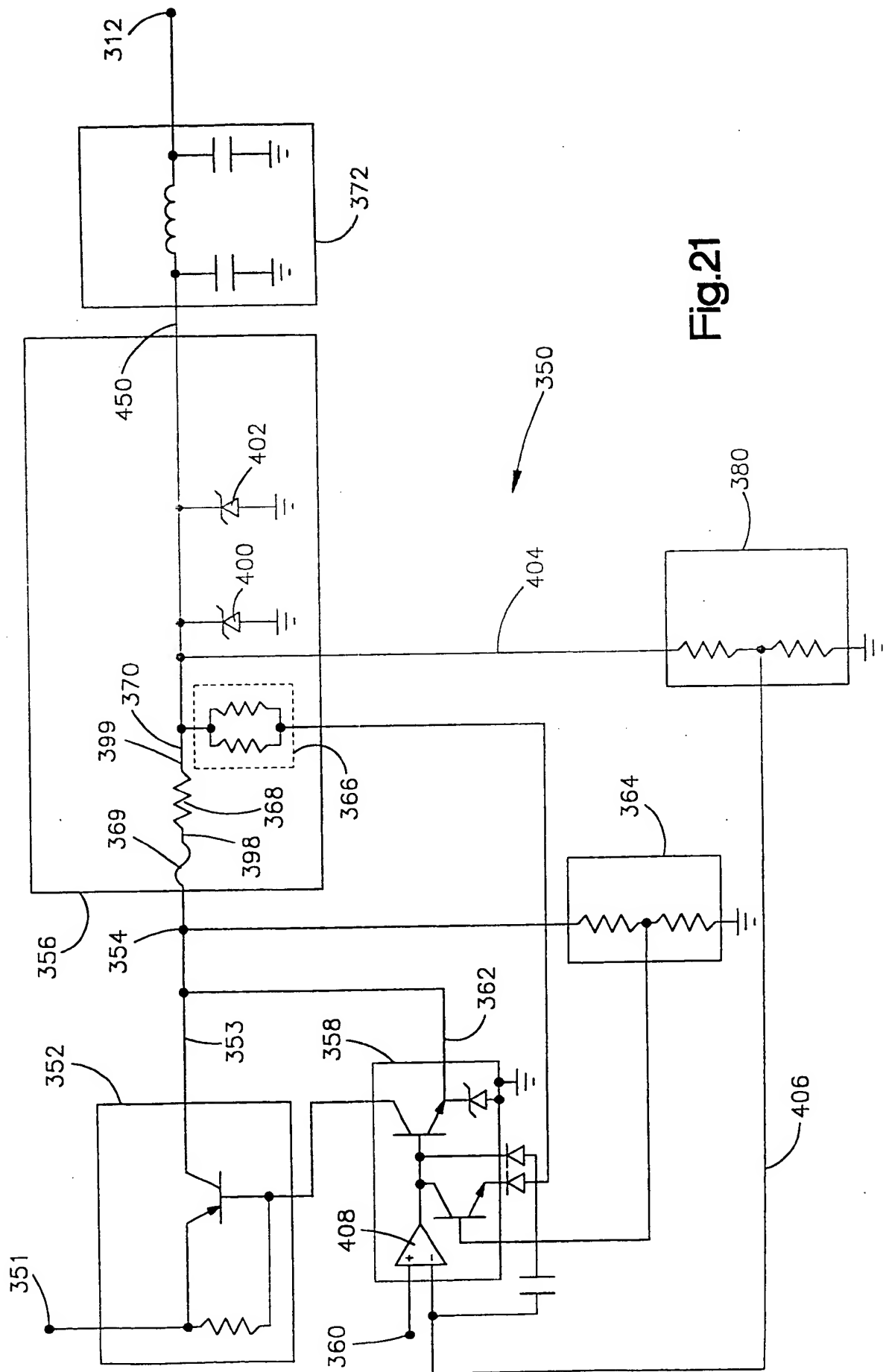




Fig. 22

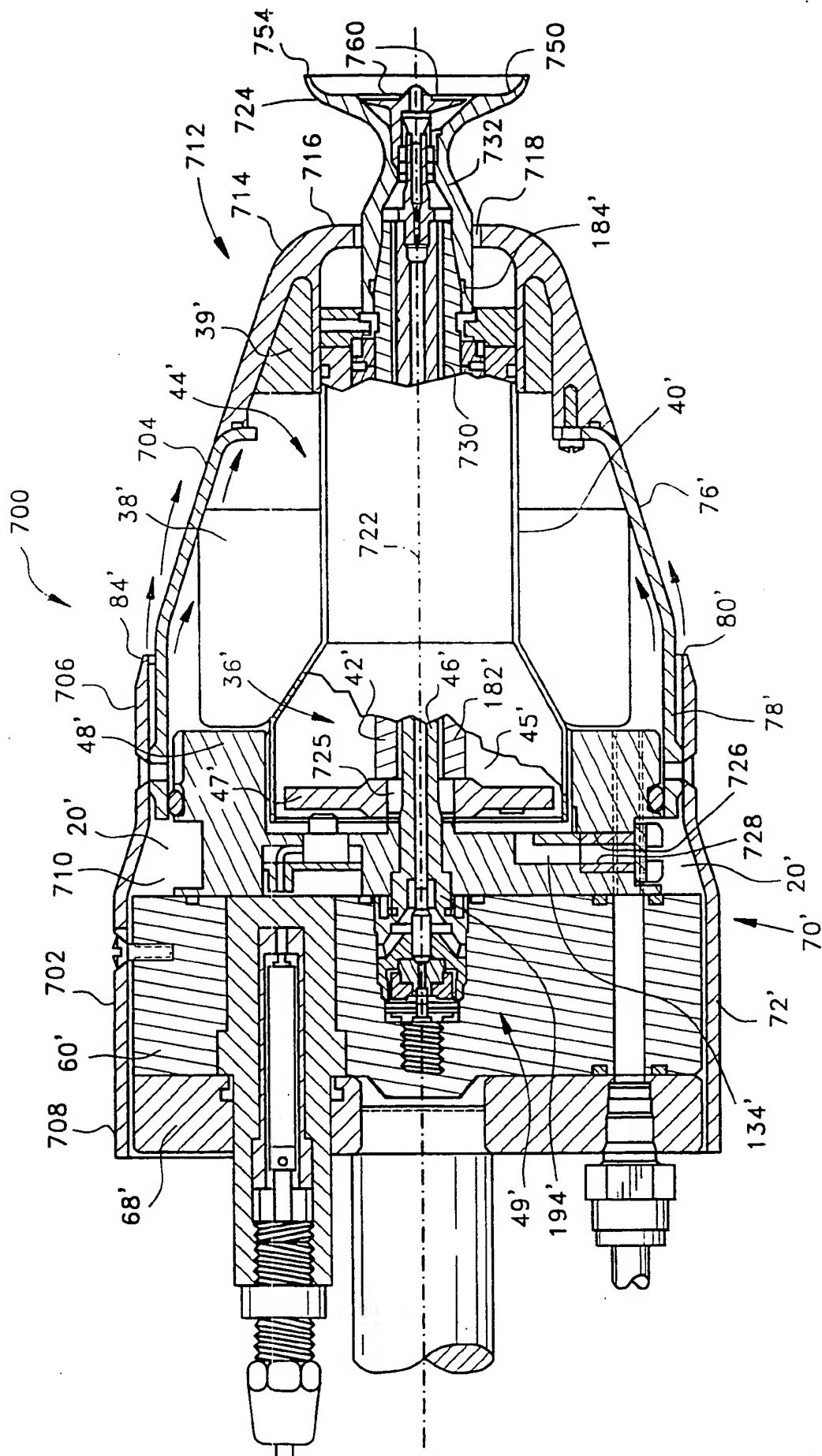
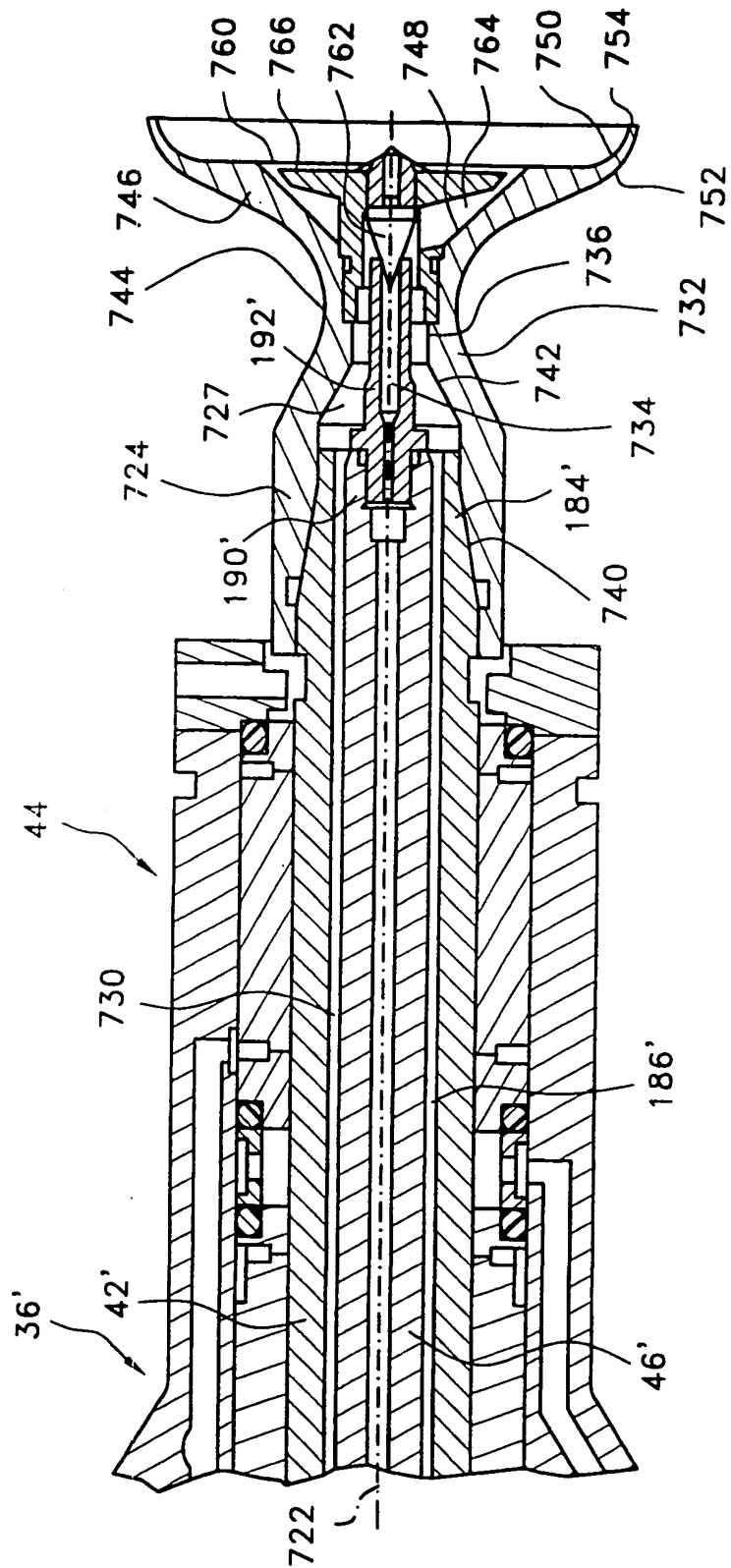




Fig.23





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**